



TUGAS AKHIR – RC14-1501

OPTIMASI SITE LAYOUT PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ONE EAST SURABAYA

ANDI CANDRA IRAWAN
NRP. 3114 105 013

Dosen Pembimbing :
Supani, ST., MT.

JURUSAN LINTAS JALUR S1 TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RC14-1501

SITE LAYOUT OPTIMIZATION IN ONE EAST SURABAYA BUILDING PROJECT

ANDI CANDRA IRAWAN
NRP. 3114 105 013

Supervisor :
Supani, ST., MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

OPTIMASI SITE LAYOUT PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ONE EAST SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ANDI CANDRA IRAWAN
NRP. 3114 105 013

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Supani, ST. MT

NIP. 19720214199802100



**SURABAYA
JULI, 2016**

OPTIMASI SITE LAYOUT PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ONE EAST SURABAYA

Nama : Andi Candra Irawan
NRP : 3114105013
Jurusan : Teknik Sipil S1 Lintas Jalur ITS
Dosen Konsultasi : Supani, ST. MT.

ABSTRAK

Dalam bidang konstruksi site layout merupakan hal yang sangat penting karena produktivitas pekerja sangat dipengaruhi oleh penataan site layout. Akan tetapi, perencanaan site layout sering sekali diabaikan dan hanya bersifat subjektif tanpa adanya kajian yang mendalam. Kegagalan dalam perencanaan site layout diawal merupakan penyebab utama dari tidak efisiennya pekerjaan di lapangan dan bisa meningkatkan biaya dan keterlambatan proyek. Oleh karena itu, sebelum menetapkan site layout suatu proyek harus memperhitungkan segala hal secara rinci, seperti letak masing-masing peralatan, akomodasi, tambahan area kerja, dan penyimpanan material.

Proyek yang digunakan pada penelitian ini adalah proyek One East Surabaya, dengan menggunakan aplikasi bantu Ms. Excel, Variabel yang digunakan dalam mengkaji site layout yaitu travel distance . Travel distance adalah jarak total perjalanan yang dibutuhkan pekerja maupun alat berat dalam satu harinya. Dengan memperkecil travel distance dapat berimbas pada penghematan waktu dan biaya secara signifikan.

Hasil penelitian ini adalah didapatkan 2 alternatif skenario yang paling optimum. Site layout alternatif pertama memberikan nilai travel distance pekerja sebesar 66032,15m dan travel distance Tower Crane sebesar 10135,6m. Alternatif kedua memberikan nilai travel distance pekerja sebesar 67673,65m dan travel distance Tower Crane sebesar 9155,1 m.

Kata Kunci: Optimasi, Site layout dan Tower Crane

SITE LAYOUT OPTIMIZATION IN ONE EAST SURABAYA BUILDING PROJECT

Name : Andi Candra Irawan
NRP : 3114105013
Major : Civil Engineering Cross Degree
Undergraduate ITS
Thesis Advisor : Supani ST. MT.

ABSTRACT

Site layout is an important thing in the construction field because the arrangement of site layout affects on worker productivity. Yet, the planning of site layout is often ignored and it is only in subjective form without deep inspection. Failure in site layout planning in the beginning of project is a main cause of working inefficiency in field and can increase the cost and spent more times. Therefore, the constructor must calculate everything in detail such as, placement of equipment, accommodation, addition of work areas, and material storage before deciding a site layout of project.

The chosen project in this study was One East Surabaya project and it used Microsoft Excel as the helping application. Variable that used to explore site layout in this study was travel distance. Travel distance is a total distance that needed by worker or heavy equipment in a single day. Decreasing travel distance can affect into saving time and cost significantly.

There was 2 most optimal alternative scenarios that appeared as the result of the study. The first site layout alternative gave 66032.15 m as the worker travel distance score and it gave 10135.6 m as the Tower Crane travel distance score. In the second alternative, the worker travel distance score that appeared was 67673.65 m and 9155.1 m as the Tower Crane travel distance score.

Keywords: Optimization, Site Layout, and Tower Crane

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Mandaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Umum.....	5
2.2. Pengertian <i>Equal Site Layout</i>	5
2.3. Pertimbangan Tata Letak <i>Site Layout</i>	6
2.4. Karakteristik Fasilitas Sementara.....	7
2.5. Tipe dan Jenis Fasilitas.....	9
2.6. Jarak Tempuh.....	12
2.7. Optimasi Perencanaan Site Layout.....	20
2.8. Penelitian Sebelumnya.....	20
BAB III METODOLOGI.....	23
3.1. Langkah Penelitian.....	23
3.2. Pengumpulan Data.....	26
3.3. Permodelan <i>Site Layout</i>	26
3.4. Pengukuran Jarak Antar Fasilitas.....	27
3.5. Menghitung Frekuensi Perpindahan Pekerja.....	28
3.6. Optimasi Site Layout.....	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Tinjauan Umum.....	33
4.2. Survey dan Pengumpulan Data Site Layout Management.....	33
4.3. Metode Pelaksanaan Proyek.....	44
4.4. Alternatif Skenario.....	47
4.5. Pemilihan Rute Pekerja.....	54

4.6. Perhitungan Rute Pekerja dan Tower Crane.....	56
4.7. Optimasi Site Layout.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar Fasilitas Sementara.....	11
Tabel 2.2. Rekapitulasi Jarak Antar fasilitas.....	15
Tabel 2.3. Daftar Penelitian <i>Site Layout</i> Terdahulu.....	21
Tabel 3.1. Matrik Jarak Tempuh.....	28
Tabel 3.2. Matrik Frekuensi Perpindahan.....	29
Tabel 4.1. Identifikasi Fasilitas Eksisting.....	38
Tabel 4.2. Identifikasi Fasilitas dan Constraint.....	40
Tabel 4.3. Jarak Antar Fasilitas Sementara.....	42
Tabel 4.4. Frekuensi Pergerakan Pekerja.....	43
Tabel 4.5. Frekuensi Pergerakan <i>Tower Crane</i> 1.....	44
Tabel 4.6. Frekuensi Pergerakan <i>Tower Crane</i> 2.....	44
Tabel 4.7. Daftar Fasilitas Bergerak yang Harus Dilayani TC....	48
Tabel 4.8. Cek Overlapping F3→F1.....	51
Tabel 4.9. Fungsi Batasan Tower Crane F4.....	53
Tabel 4.10. Perhitungan Rute Pekerja dari F3 ke Fasilitas Tetap.....	58
Tabel 4.11. Perhitungan Pergerakan TC dari F3 ke Zone 1.....	63
Tabel 4.12. Frekuensi Pergerakan Pekerja Berdasarkan Urutan..	66
Tabel 4.13. Frekuensi Pergerakan TC1 Berdasarkan Urutan.....	66
Tabel 4.14. Frekuensi Pergerakan TC2 Berdasarkan Urutan.....	65
Tabel 4.15. Jarak Rute Pekerja Layout Eksisting.....	68
Tabel 4.16. Frekuensi Pergerakan Pekerja.....	69
Tabel 4.17. Perhitungan Travel Distance Site Layout Eksisting.....	70
Tabel 4.18. Travel Distance TC Site Layout Eksisting.....	71
Tabel 4.19. Travel Distance TC Site Layout Eksisting.....	71
Tabel 4.20. Penentuan Koordinat Paling Optimum untuk F3.....	73
Tabel 4.21. Jarak Tempuh Pekerja Alternatif 1.....	75
Tabel 4.22. Frekuensi Pergerakan Pekerja.....	76
Tabel 4.23. Travel Distance Pekerja Alternatif 1.....	77
Tabel 4.24. Travel Distance TC1 Alternatif 1.....	78
Tabel 4.25. Travel Distance TC2 Alternatif 1.....	78
Tabel 4.26. Penentuan Koordinat Paling Optimum untuk F3.....	80
Tabel 4.27. Jarak Tempuh Pekerja Alternatif 2.....	82

Tabel 4.28. Frekuensi Pergerakan Pekerja Alternatif 2.....	83
Tabel 4.29. Travel Distance Pekerja Alternatif 2.....	84
Tabel 4.30. Travel Distance TC1 Alternatif 2.....	85
Tabel 4.31. Travel Distance TC2 Alternatif 2.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Fasilitas.....	9
Gambar 2.2 <i>Manhattan Distance</i> 2 Dimensi.....	13
Gambar 2.3 <i>Manhattan Distance</i> 3 Dimensi	13
Gambar 2.4 Contoh <i>Site Layout</i>	14
Gambar 2.5 Jarak Tempuh Vertikal.....	16
Gambar 2.6 Jarak Tempuh Horisontal.....	18
Gambar 2.7 Jarak Tempuh Rotasi.....	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Site Layout Eksisting Tahap 1 Penggerjaan Basement.....	35
Gambar 4.2 Site Layout Eksisting Tahap 2 Penggerjaan Tower.....	36
Gambar 4.3 Potongan Melintang Gedung One East.....	37
Gambar 4.4 Pembagian Zone pada Proyek One East.....	45
Gambar 4.5 Pembagian Zone Tower Crane pada Proyek One East.....	46
Gambar 4.6 Fasilitas Eksisting Sebelum Dilakukan Permodelan.....	49
Gambar 4.7 Pergerakan Fasilitas F3.....	50
Gambar 4.8 Kondisi F3 Overlapping dengan F1.....	52
Gambar 4.9 Kondisi F4 Saat Fingsi TC “OK” dan “OKE”.....	54
Gambar 4.10 Alternatif Rute Pekerja.....	55
Gambar 4.11 Pemilihan Rute Pekerja Fasilitas F3.....	56
Gambar 4.12 Perhitungan rute Pekerja.....	57
Gambar 4.13 Ketinggian Tower Crane dan gedung.....	58
Gambar 4.14 Jarak Hosting Tower Crane.....	60
Gambar 4.15 Jarak Rotasi Tower Crane.....	60
Gambar 4.16 Jarak Horisontal Tower Crane.....	62
Gambar 4.17 Site Layout Eksisting.....	67
Gambar 4.18 Optimasi Site Layout Berdasarkan Pergerakan Pekerja.....	74
Gambar 4.19 Optimasi Site Layout Berdasarkan Pergerakan TC.....	81

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam bidang konstruksi tata letak (*site layout*) merupakan hal yang sangat penting karena produktivitas pekerja sangat dipengaruhi oleh penataan *site layout*. *Site layout* adalah letak dari fasilitas-fasilitas penunjang dalam kegiatan konstruksi yang keberadaannya memiliki peranan penting dalam proses pelaksanaan konstruksi guna mengatur kegiatan di proyek, sehingga harus direncanakan dengan baik. Dengan adanya perencanaan *site layout* yang baik dapat meningkatkan produktivitas pekerja dan dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan. *Site layout* yang baik juga harus mempertimbangkan fungsi dari masing-masing layout yang ada dengan begitu infrastruktur yang ada dapat bekerja dengan optimal.

Kebanyakan permasalahan yang terdapat pada *site layout* bukanlah permasalahan teknis akan tetapi adalah permasalahan manajemen. Salah satu bagian dari manajemen proyek adalah dengan melakukan perencanaan *site layout*. Optimasi *site layout* dapat meningkatkan penghematan waktu dan biaya tanpa melibatkan pekerja tambahan. Sehingga peran dari manager adalah mengontrol dan menjaga kinerja dan selanjutnya memperbaiki letak fasilitas yang dirasa kurang memuaskan. Akan tetapi, perencanaan *site layout* sering sekali diabaikan dan cenderung direncanakan pada saat proses konstruksi berlangsung dan hanya bersifat subjektif tanpa adanya kajian yang mendalam.

Kegagalan dalam perencanaan *site layout* diawal merupakan penyebab utama dari tidak efisiennya pekerjaan di lapangan dan bisa meningkatkan biaya keseluruhan proyek secara substansial. Permasalahan yang dapat terjadi adalah (Hegazy & Elbeltagi, 1999)

1. Material & peralatan konstruksi berada pada tempat yang salah.
2. Akses pekerja yang tidak memadahi.

3. Ruang management (Direksi keet) berada pada tempat yang tidak sesuai.
4. Gudang berada pada tempat yang tidak memadai untuk bongkar muat atau letaknya yang tidak aman.

Oleh karena itu, sebelum menetapkan site layout suatu proyek harus memperhitungkan segala hal secara rinci, seperti letak masing-masing peralatan, akomodasi, tambahan area kerja, dan penyimpanan material.

Perencanaan *site layout* sendiri ada dua jenis, yakni *equal site* dan *unequal site*. *Equal site* adalah kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia sesuai dengan jumlah fasilitas proyek yang dibutuhkan, sedangkan *unequal site* adalah kondisi dimana jumlah fasilitas yang dibutuhkan lebih sedikit dari lokasi yang tersedia.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi Ms. Excel dalam proses optimasi dengan fungsi batasan yang ditetapkan, variabel yang digunakan dalam mengkaji site layout yaitu *travel distance*. *Travel distance* adalah jarak total perjalanan yang dibutuhkan pekerja maupun alat berat dalam satu harinya. Dengan memperkecil *travel distance* dapat berimbas pada penghematan waktu dan biaya secara signifikan.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk optimasi site layout. Pada tahun 1999, Elbetagi dan Hegazy melakukan optimasi *site layout* dengan menggunakan metode *evolution-based model*. Osman (2003) yang melakukan optimasi *site layout* dengan menggunakan metode *Genetic Alogarithm*, Hegazy dan Elbetagi serta Osman menggunakan 1 variabel yaitu *travel distance*. Pada penelitian sebelumnya, Yeh (1995) juga melakukan penelitian tentang optimasi *site layout* akan tetapi dengan metode yang berbeda yaitu *simulated annealing*. Pada tahun 2001, Zouein, Elbetagi dan Tarek Hegazy juga melakukan optimasi *site layout* dengan metodenya yaitu *A Hybrid Al Based System for Site Layout*.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana bentuk *site layout* paling optimum berdasarkan variable *Traveling Distance* pekerja dan *Tower Crane*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu menganalisis *site layout* yang paling optimum berdasarkan variable *Traveling Distance* pekerja dan *Tower Crane*.

1.4. Batasan Masalah

Dalam studi ini permasalahan yang dibahas akan dibatasi, yaitu:

1. Proyek yang ditinjau adalah proyek pembangunan Apartemen One East.
2. Optimasi yang dilakukan untuk mengoptimasi *traveling distance*.
3. *Bentuk site layout* diasumsikan menggunakan *equal site layout* dikarenakan lahan yang tersedia di lapangan sangat terbatas dan disesuaikan pada saat kondisi survey di lapangan.
4. Optimasi dilakukan hanya untuk pekerjaan yang bersifat structural.
5. Frekuensi perjalanan yang ditinjau adalah frekuensi perjalanan pekerja dan Tower Crane yang didapatkan dari pengamatan di lapangan selama 1 minggu dan wawancara dengan project manager.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini adalah penerapan ilmu manajemen konstruksi terutama dalam hal perencanaan *site layout* pada proyek konstruksi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Perencanaan *site layout* merupakan bagian dari kegiatan dalam pekerjaan konstruksi. Dalam perencanaan *site layout* ada banyak hal yang harus diperhatikan agar proses konstruksi berjalan dengan baik, diantaranya adalah investigasi awal sebelum proses konstruksi dimulai, proses pengiriman dan pengadaan material, alur komunikasi dan koordinasi antar fasilitas, dan kemudahan dalam pemantauan kinerja antar fasilitas. Investigasi awal bertujuan untuk memperoleh gambaran secara menyeluruh tentang keadaan lapangan dalam rangka menyusun kegiatan pelaksanaan pekerjaan. Jika beberapa hal diatas dapat dipenuhi maka akan didapatkan produktivitas yang optimal dalam pengerjaan di lapangan dan kerugian akibat waktu dan biaya dapat dihindarkan.

Penataan *site* yang baik dapat terwujud dengan adanya manajemen sumber daya yang efektif dan efisien. Pertimbangan yang utama dan mendasar dalam perkembangan dari suatu *layout* yang efektif adalah kelancaran dan pemakaian biaya yang rendah dari aliran material, pekerja, dan peralatan (Hegazy & Elbeltagi, 1999). Pendapat tersebut melengkapi apa yang (Zouein & Tommelein, 1999) kemukakan bahwa sasaran yang perlu dicapai dalam penetapan *site* yang baik adalah bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja dan operasional yang efisien, serta untuk meminimalisasikan *Traveling Distance* dan waktu pergerakan pekerja, dan juga material.

2.2. Pengertian Equal Site Layout

Site layout adalah letak dari fasilitas-fasilitas penunjang atau sementara dalam kegiatan konstruksi yang keberadaannya memiliki peranan penting dalam proses pelaksanaan konstruksi guna mengatur kegiatan di proyek, sehingga harus direncanakan dengan baik. Fasilitas penunjang tersebut meliputi; gudang

peralatan, gudang material, barak pekerja, direksi keet, tower crane, rumah genset, dan lain sebagainya. Perencanaan *site layout* sendiri ada dua jenis, yakni *equal site* dan *unequal site*. *Equal site* adalah kondisi dimana jumlah lokasi yang tersedia sesuai dengan jumlah fasilitas proyek yang dibutuhkan, sedangkan *unequal site* adalah kondisi sebaliknya.

2.3. Pertimbangan Tata Letak Site Layout

Menurut (Hegazy & Elbeltagi, 1999) dalam perencanaan fasilitas sementara (*temporary*) ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan agar tata letak fasilitas yang kita rencanakan dapat meningkatkan produktivitas kerja dan tidak memakan banyak tempat, beberapa hal itu yakni;

- **Safety**, keselamatan pekerja juga merupakan hal yang tidak kalah penting dalam perencanaan *site layout*, apabila hal ini di abaikan akan berimbas pada psikis pekerja dalam melakukan pekerjaannya dan akan mempengaruhi produktivitas kerja mereka. Adapun hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan di lapangan adalah;
 1. Adanya pemadam kebakaran.
 2. Pelayanan kesehatan: pada proyek konstruksi, pertolongan pertama pada kecelakaan merupakan hal yang mutlak harus ada, karena di lapangan tidak jarang terjadi kecelakaan pada pekerja oleh karena itu adanya pusat kesehatan sangat disarankan.
 3. Pakaian standart kerja meliputi safety shoes, helm, sarung tangan, dan kaca mata.
- **Kemudahan Akses**, dengan adanya akses yang baik akan meminimalkan kemungkinan kecelakaan , dan menghemat waktu dalam manuver alat berat.
- **Tanda informasi**, memberikan informasi seputar zona dilapangan, meliputi:

1. Denah site layout: berisi rincian tata letak fasilitas, dan ditampilkan di kantor manajer dan juga dipasang di gerbang pintu masuk.
 2. Tanda lalu lintas, untuk proyek besar, tanda lalu lintas sangat membantu dalam membimbing lalu lintas alat berat dan menghindari kecelakaan.
 3. Rute darurat, penting untuk menampilkan jalur evakuasi jika terjadi hal yang tidak diinginkan.
- **Keamanan**, keamanan sangat dibutuhkan agar pihak yang tidak berkepentingan tidak bisa keluar masuk proyek. Adanya pagar yang mengelilingi proyek juga disarankan untuk keamanan.
 - **Akomodasi**, untuk proyek dengan skala besar, perlu untuk menyediakan akomodasi untuk semua staf yang bekerja di proyek.
 - **Kantor**, kantor kontraktor, sub-kontraktor, dan konsultan pengawas harus berdekatan agar koordinasi bisa terjalin antar masing-masing divisi.
 - **Supply air dan sanitasi**, memiliki fasilitas air atau toilet untuk mengakomodasi para pekerja.
 - **Penanganan material**, seperti tiga atau lebih pekerjaan konstruksi dapat diklasifikasikan sebagai penanganan material. Karena itu penggunaan peralatan yang tepat untuk penanganan material dan perencanaan di awal dapat meminimalkan biaya dan waktu.
 - **Tempat penyimpanan**, hal ini diperlukan untuk menyimpan cadangan material sehingga material tidak mengganggu dalam akses pekerja.
 - **Batch plant dan Tempat fabrikasi**

2.4. Karakteristik Fasilitas Sementara

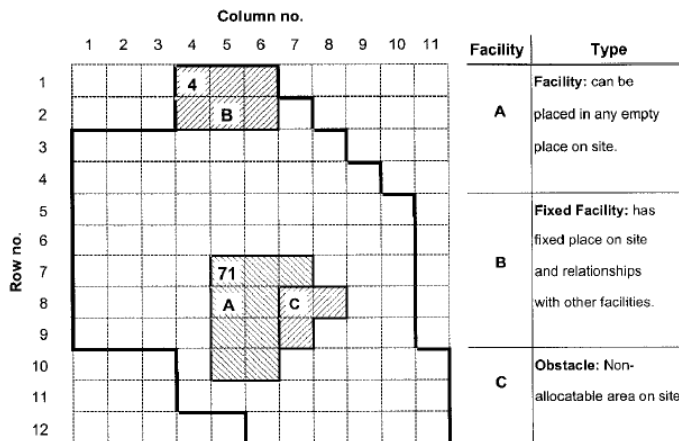
Dalam perencanaan fasilitas sementara penting bagi kita untuk memahami karakteristiknya, agar dalam perencanaan dapat berjalan sesuai harapan, ada 6 (enam) karakteristik fasilitas yang akan dibahas disini. Antara lain:

- Kesesuaian dengan peraturan lingkungan dan keselamatan. Semua fasilitas sementara harus sejalan dengan peraturan lingkungan dan keselamatan. Perhatian khusus harus diberikan pada fasilitas-fasilitas yang memiliki potensi pencemaran lingkungan yang tinggi. Perencanaan fasilitas harus membuat peraturan yang tepat untuk mengontrol pencemaran udara air, dan polusi suara dari fasilitas yang digunakan.
- Ketersediaan solusi untuk masalah yang sama; ada banyak pengaturan yang dapat dibuat untuk membangun fasilitas sementara. Sebagai contoh, jika ingin membangun sebuah gudang, perencana dapat membangun sebuah gudang di lokasi menggunakan gudang lama, atau dengan menyewa gudang di dekat lokasi proyek. Berdasarkan penggunaan gudang, masing-masing alternative masih bisa dibagi menjadi beberapa sub item. Misalnya, bahan membangunnya bisa bervariasi dari kayu, batu bata, atau dengan struktur baja.
- Masa waktu fasilitas sementara yang relative singkat. Rentang waktu fasilitas sementara tergantung pada durasi proyek. Secara umum. Fasilitas sementara harus dibongkar setelah proyek tersebut sudah selesai.
- Pemanfaatan kembali fasilitas dengan kerugian seminimum mungkin atau diubah fungsi ke lokasi lain; karena karakteristik fasilitas sementara yang memiliki waktu relative sementara maka perencana harus memperhitungkan pemanfaatan kembali dari fasilitas sementara. Hal ini bisa memberikan penghematan biaya konstruksi pada proyek. Dengan modifikasi yang tepat sebageian besar fasilitas sementara dapat digunakan untuk tujuan yang berbeda. Oleh karena itu, perawatan yang baik, dan penyimpanan bahan bangunan dapat meningkatkan frekuensi pemanfaatan kembali dan penurunan biaya konstruksi secara signifikan.

- Mudah perakitan, pembongkaran, dan eksploitasi; fasilitas sementara yang mudah dalam perakitan dan pembongkaran akan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk keduanya. Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa fasilitas sementara perlu dibongkar pada waktu proyek selesai. Dengan demikian, fasilitas sementara harus mudah dalam proses perakitan dan pembongkaran tanpa merusak fasilitas tersebut.
- Standarisasi desain; standarisasi desain dan konstruksi fasilitas sementara dapat meningkatkan frekuensi pemanfaatan kembali dan mengurangi jam kerja dan biaya yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas.

2.5. Tipe dan Jenis Fasilitas

Dari penelitian sebelumnya (Hegazy & Elbeltagi, 1999) mengelompokkan tipe fasilitas kedalam 3 bagian yang dijelaskan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tipe Fasilitas

Dari gambar diatas ditunjukkan bahwa tipe fasilitas ada tiga macam :

- A. Temporary facility : adalah fasilitas sementara yang bisa diletakan ditempat yang kosong.
- B. Fixed Facility : adalah fasilitas yang memiliki tempat yang fix/ tetap dilapangan dan berhubungan dengan fasilitas lain.
- C. Obstacle : adalah Hambatan yang tidak bisa ditempati untuk fasilitas.

Sedangkan menurut (Hegazy & Elbeltagi, 1999) untuk jenis fasilitas ada beberapa macam jenis fasilitas yang ada pada proyek, jenis fasilitas disesuaikan dengan kebutuhan proyek. Sehingga tiap-tiap proyek bisa memiliki jenis fasilitas yang berbeda, berikut daftar jenis fasilitas yang umumnya digunakan di proyek konstruksi seperti pada tabel 2.1.

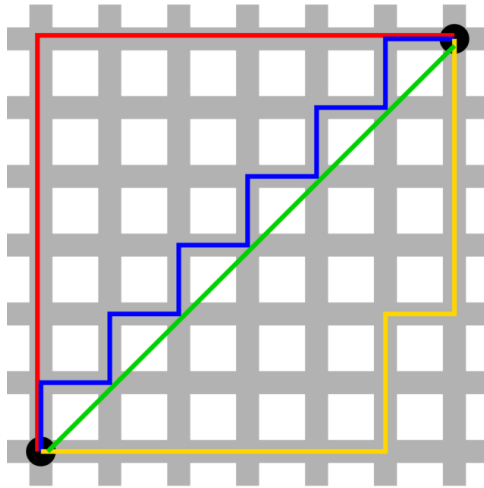
Tabel 2.1 Daftar Fasilitas Sementara

Facility No.	Facility Name
1	Job office
2	Owner representatives office
3	Subcontractors office
4	First aid office
5	Information and guard house
6	Toilet on site
7	Staff/Engineer dormitory
8	Staff/Engineer family dormitory
9	Labor dormitory
10	Labor family dormitory
11	Dinning room for labor
12	Bathroom for labor
13	Restroom for labor
14	Equipment maintenance shop
15	Parking lot for mechanics
16	Prefabricated rebar storage yard
17	Rebar fabrication yard
18	Fabricated rebar storage yard
19	Carpentry shop
20	Storage yard for lumber
21	Storage yard for formed lumber
22	Cement warehouse
23	Batch-plant and aggregate storage
24	Craft change-house
25	Sampling / Testing lab
26	Pipe jointing yard
27	Pipe storage yard
28	Welding shop
29	Parking lot
30	Tank
31	Long term laydown storage
32	Machine room
33	Electrical shop
34	Steel fabrication shop
35	Sandblast shop
36	Painting shop
37	Scaffold storage yard
38	Material warehouse

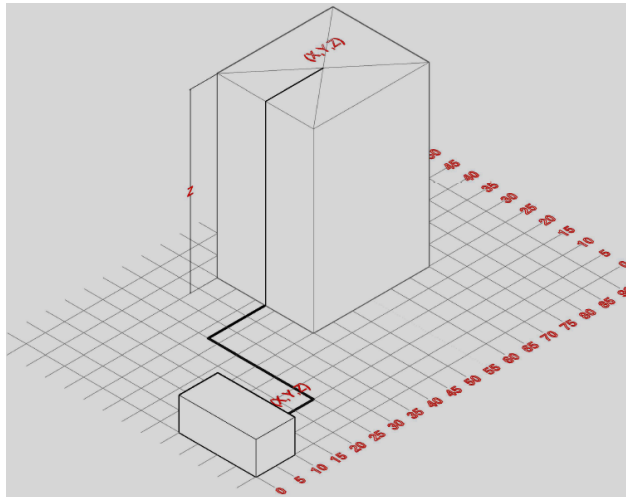
2.6. Jarak Tempuh

Jarak tempuh adalah jarak yang dicapai pada saat aliran pergerakan pekerja, peralatan, dan material dari suatu fasilitas ke fasilitas lainnya. Menurut (Zouein & Tommelein, 1999) jika ketersediaan area pada site suatu proyek konstruksi memiliki lahan yang sangat luas, maka permintaan terhadap kebutuhan area utama semakin tinggi, sehingga penempatan fasilitas akan tersebar di area kosong mana saja. Hal ini lah yang akan menambah jarak yang ditempuh untuk mengalirkan material, pekerja dan peralatan dari satu fasilitas ke fasilitas lain. Oleh karean itu, untuk mendapatkan site layout yang baik, dalam hal ini, layout yang paling optimal dan efisien maka jarak tempuh aliran pergerakan material, pekerja, dll harus seminimal mungkin.

Dalam penelitian ini pengukuran jarak tempuh menggunakan metode *Manhattan Distance*. *Manhattan Distance* adalah metode yang dianggap paling mewakili dalam perhitungan jarak antar fasilitas dibanding metode *linier*, karena metode Manhattan mempertimbangkan rintangan dalam penentuan jarak antar fasilitas. Sebagai ilustrasi, semisal pekerja berjalan dari lokasi A menuju utara 3 meter, kemudian belok ke timur 4 meter. Berapa jarak tempuh dari posisi A ke B adalah panjang jalan yang sudah ditempuh oleh pekerja. Untuk ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.2. Garis hijau adalah jarak diagonal titik A ke B. sedangkan garis merah, biru, dan kuning adalah jarak titik A ke B menggunakan metode *Manhattan Distance*.



Gambar 2.2 *Manhattan Distance 2 Dimensi*



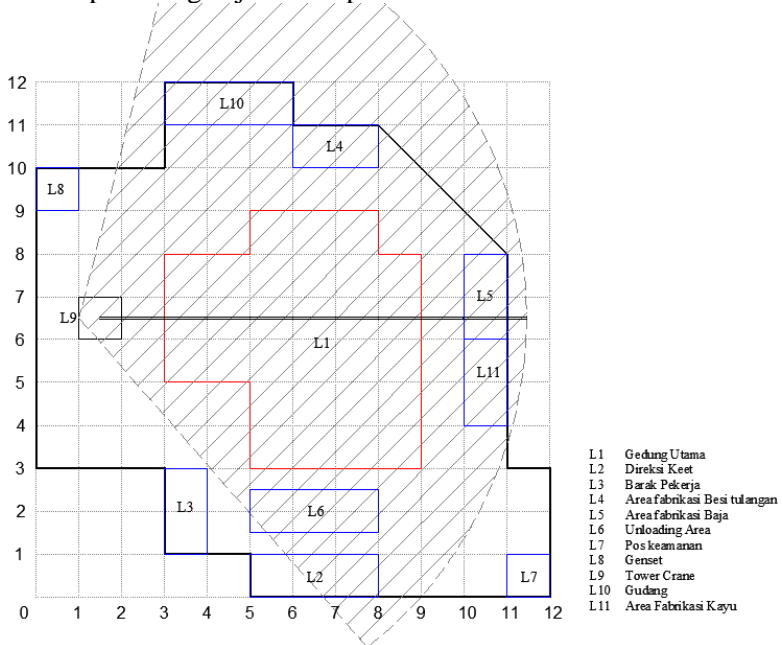
Gambar 2.3 *Manhattan Distance 3 Dimensi*

a. Perhitungan Jarak Tempuh Pekerja.

Dalam perhitungan jarak tempuh pekerja menggunakan metode manhattan, manhattan adalah nilai absolut dari selisih jarak titik koordinat X, Y dan Z. Jarak manhattan antara dua titik (X_1, Y_1, Z_1) dan (X_2, Y_2, Z_2) ditentukan dengan menggunakan perumusan:

$$d_{(p,q)} = (|y_2 - y_1| + |x_2 - x_1| + |z_2 - z_1|) \dots \dots \dots (2-1)$$

contoh perhitungan jarak tempuh:



Gambar 2.4 Contoh *sitelayout*

Fasilitas terdiri dari fasilitas tetap (*fixed*) yaitu bangunan yang akan dibangun dimana bangunan ini dianggap sebagai halangan yang tidak bisa dilewati, fasilitas bergerak (*moveable*)

yang bisa dipindahkan sesuai dengan kebutuhan dan fasilitas tidak bergerak (*stationary*). Fasilitas tersebut terdiri dari:

- L1 = Gudang Utama
- L2 = Direksi Keet
- L3 = Barak Pekerja
- L4 = Area Fabrikasi Besi tulangan
- L5 = Area Fabrikasi Baja
- L6 = Unloading Area
- L7 = Pos Keamanan
- L8 = Genset
- L9 = Tower Crane
- L10 = Gudang
- L11 = Area Fabrikasi Kayu

Perhitungan jarak fasilitas L1 ke L2:

$$d_{(1,2)} = (|x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| + |z_2 - z_1|)$$

$$d_{(1,2)} = (|x_9 - x_1| + |y_3 - y_1| + |0|)$$

$$d_{(1,2)} = |15 - 5| + |45 - 40|$$

$$d_{(1,2)} = 15$$

Sehingga dari perhitungan jarak fasilitas L1 ke L2 adalah 15 meter. perhitungan jarak fasilitas yang lain disajikan dalam bentuk tabel 2.2.

Tabel 2.2 Rekapitulasi jarak antar fasilitas

Frekuensi (dalam 1hari)	Gedung Utama	Direksi Keet	Barak Pekerja	Fabrikasi Besi	Fabrikasi Baja	Unloading Area	Pos Keamanan	Genset	Tower Crane	Gudang	Fabrikasi Kayu
Gedung Utama	0	15	5	5	5	2.5	20	15	5	10	5
Direksi Keet	15	0	5	55	40	2.5	15	60	45	65	25
Barak Pekerja	5	5	0	50	50	5	45	45	25	50	40
Fabrikasi Besi	5	55	50	0	25	52.5	60	30	40	15	40
Fabrikasi Baja	5	40	50	25	0	35	35	55	60	45	10
Unloading Area	2.5	2.5	5	52.5	35	0	20	55	35	60	25
Pos Keamanan	20	15	45	60	35	20	0	90	70	80	20
Genset	15	60	45	30	55	55	90	0	10	25	65
Tower Crane	5	45	25	40	60	35	70	10	0	30	70
Gudang	10	65	50	15	45	60	80	25	30	0	55
Fabrikasi Kayu	5	25	40	40	10	25	20	65	70	55	0

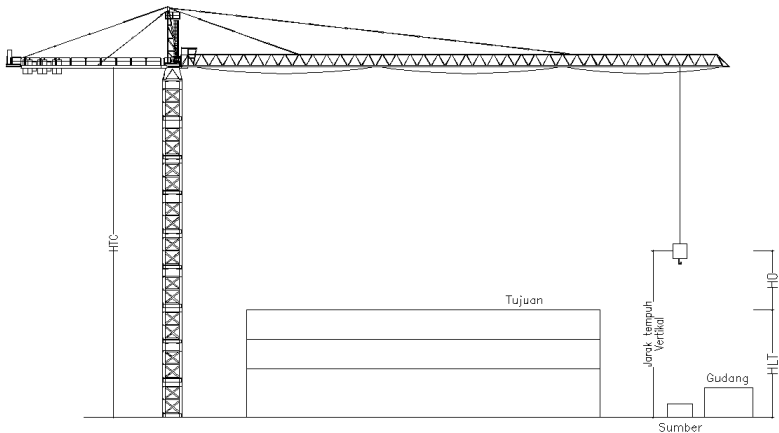
b. Perhitungan Jarak Tempuh Pergerakan Alat Tower Crane.

Dalam perhitungan jarak tempuh Tower Crane dibagi dalam 3 tahapan yaitu jarak vertikal (Hoist), horizontal (Trolley), dan rotasi (Swing). Sehingga kordinat yang dipakai dalam perhitungan selain kordinat X dan Y harus diperhitungkan juga kordinat Z. (Hartono , Noviyanti, & Alifen, 2010).

Perhitungan Jarak Vertikal (V)

Perhitungan jarak vertikal adalah jarak total yang ditempuh hosit secara vertiikal. Dalam proses perhitungan jarak tempuh vertikal dibutuhkan:

1. Elevasi Gedung 0,0
2. Elevasi Sumber bahan (H_{SB})
3. Elevasi lantai tujuan (H_{LT})
4. Tinggi Penambahan (H_0)



Gambar 2.5 Jarak Tempuh Vertikal

$$\text{Jarak tempuh vertikal} = H_{LT} - H_{SB} + H_0 \dots \dots \dots (2-2)$$

Perhitungan Jarak Horizontal (H)

Perhitungan jarak horizontal adalah jarak yang dibutuhkan oleh TC untuk mentransfer sumber bahan ke tujuan secara horizontal. Dalam perhitungannya adalah sbb;

1. Perhitungan Jarak TC dengan sumber bahan (Gambar 2.5)

- Koordinat TC (X_{TC}, Y_{TC}) pada proses perhitungan adalah titik pusat (0,0)
- Koordinat TC ke sumber bahan (X_{SB}, Y_{SB})
- $Z1$ = Jarak TC dengan sumber bahan

Rumus perhitungan jarak TC ke sumber bahan:

$$Z1 = \sqrt{(Y_{tc} - Y_{sb})^2 + (X_{sb} - X_{tc})^2} \dots\dots\dots(2-3)$$

2. Perhitungan Jarak TC dengan lokasi tujuan (Gambar 2.5)

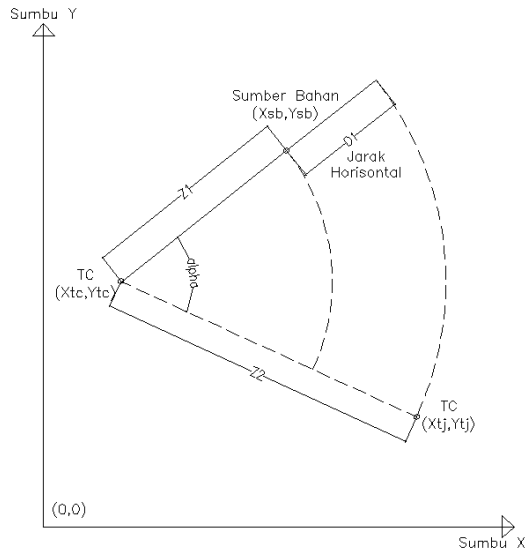
- Koordinat TC (X_{TC}, Y_{TC}) pada proses perhitungan adalah titik pusat (0,0)
- Koordinat TC ke lokasi tujuan (X_{TJ}, Y_{TJ})
- $Z2$ = Jarak TC dengan lokasi tujuan

Rumus perhitungan jarak TC ke lokasi tujuan:

$$Z2 = \sqrt{(Y_{tc} - Y_{tj})^2 + (X_{tj} - X_{tc})^2} \dots\dots\dots(2-4)$$

3. Perhitungan Jarak tempuh Horizontal

$$D1 = |Z2 - Z1| \dots\dots\dots(2-5)$$



Gambar 2.6 Jarak Tempuh Horizontal

Perhitungan Jarak Tempuh Rotasi (R)

Perhitungan jarak tempuh rotasi adalah jarak tempuh rotasi yang terbentuk antara sumber bahan – TC - lokasi tujuan. Perhitungannya adalah sbb;

1. Perhitungan Jarak TC dengan sumber bahan (Gambar 2.6)

- Koordinat TC (X_{TC}, Y_{TC}) pada proses perhitungan adalah titik pusat (0,0)
 - Koordinat TC ke sumber bahan (X_{SB}, Y_{SB})
 - $Z1$ = Jarak TC dengan sumber bahan
- Rumus perhitungan jarak TC ke sumber bahan:

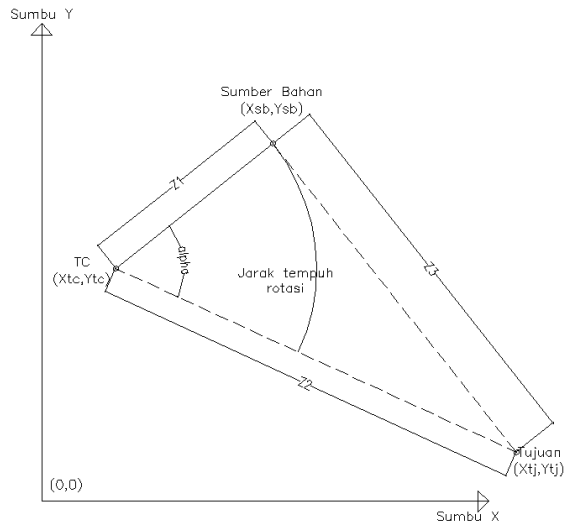
$$Z1 = \sqrt{(Y_{tc} - Y_{sb})^2 + (X_{sb} - X_{tc})^2}$$

2. Perhitungan Sudut rotasi (α)

$$\cos \alpha = \frac{Z1^2 + Z2^2 + Z3^2}{(2 \times Z1 \times Z2)} \dots \dots \dots (2-6)$$

3. Perhitungan Jarak tempuh rotasi

$$\text{Jarak tempuh rotasi} = \frac{\alpha}{360} \times 2\pi Z1 \dots \dots \dots (2-7)$$



Gambar 2.7 Jarak Tempuh Rotasi

$$\text{Jarak tempuh pergerakan tower crane} = H+V+R....(2-8)$$

Setelah perhitungan jarak tempuh pekerja dan alat Tower Crane perumusan yang digunakan dalam minimasi jarak tempuh antar fasilitas atau disebut juga *traveling distance* adalah sebagai berikut:

$$TD = \sum_{i,j=1}^n d_{ij} \times F_{ij} \dots\dots\dots (2-9)$$

Dimana:

TD	= <i>Traveling distance</i>
d_{ij}	= jarak aktual fasilitas i ke fasilitas j
F_{ij}	= frekuensi perpindahan pekerja dari fasilitas I ke fasilitas j.
n	= banyaknya fasilitas yang terdapat dalam <i>site</i> .

2.7. Optimasi Perencanaan Site Layout

Optimasi Site layout dikatakan optimal jika perencanaan terhadap penempatan fasilitas dapat mencapai nilai traveling distance pekerja dan *Tower Crane* paling minimum.

Dalam merencanakan site layout, seorang perencana harus pandai dalam mengatur area proyek untuk meminimalkan waktu pergerakan pekerja dan alat guna mendapatkan produktifitas kerja yang baik, dengan didapatkan produktifitas kerja yang baik maka dapat mempercepat proyek tersebut yang dampaknya adalah penghematan waktu dan biaya yang dikeluarkan. Dalam proses optimasi site layout juga harus dipertimbangkan syarat dan fungsi-fungsi batasan sehingga optimasi yang dilakukan dapat diperoleh hasil yang masuk akal dan dapat diterapkan di lapangan.

2.8. Penelitian Sebelumnya

Telah banyak penelitian yang membahas tentang optimasi tata letak fasilitas pada suatu site konstruksi dengan berbagai metode optimasi yang dilakukan. Dari sekian banyak penelitian tentang site layout yang telah dilakukan, terdapat sedikit studi yang menggunakan metode pengukuran jarak dengan metode pengukuran jarak dengan metode Manhattan, untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Penelitian Optimasi Site Layout Terdahulu.

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Metode Pengukuran Jarak
Yeh (1995)	Construction-site layout annealed neural network	Minimasi biaya layout	
Li & Love (1998)	Site-level facilities layout using genetic algorithms	Minimasi traveling distance	Euclidean
Hegazy & Elbeltagi (1999)	Evosite: Evolution-based model for site layout planing	Minimasi biaya layout	Euclidean
Li & Love (2000)	Genetic search for solving construction site-level unequal-area facility layout problems	Minimasi traveling distance	Euclidean
Mawdesley (2002)	Genetic algorithms for construction site layout in project planing	Minimasi biaya layout	Euclidean
Sanad (2008)	oprimal construction site layout considerings safety and environmental aspects	Minimasi biaya layout, peningkatan safety	Manhattan
El-Rayes & Said (2009)	Dynamic site layout planning using aproximate dynamic programing	Minimasi biaya layout, peningkatan safety	Euclidean

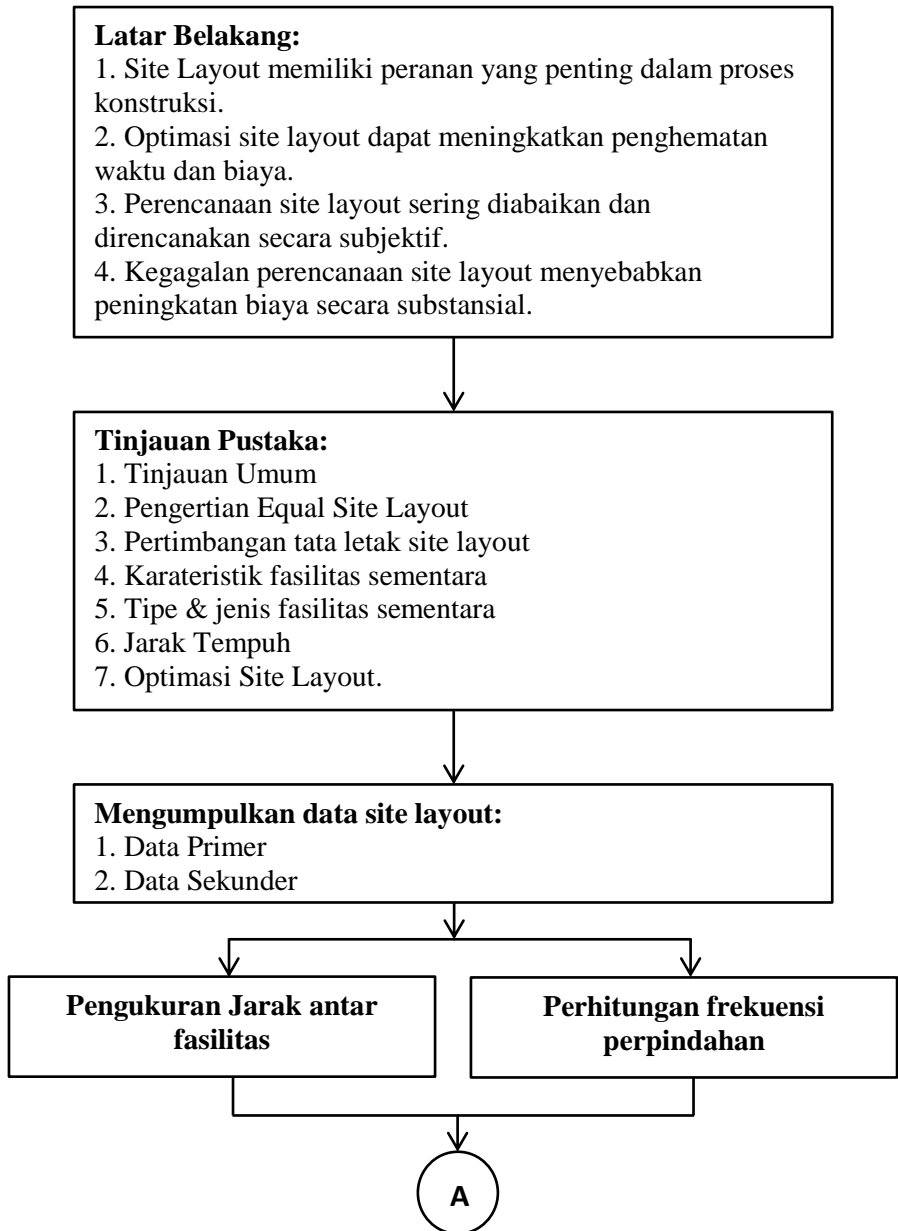
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

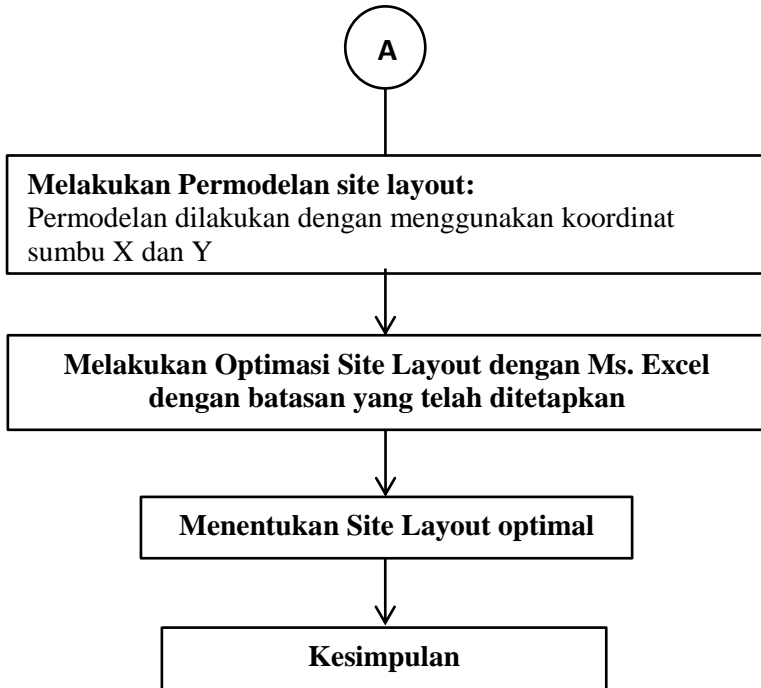
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Langkah Penelitian

Pada bab ini akan dibahas langkah-langkah penelitian yang akan digunakan dalam mempelajari optimasi site layout pada proyek konstruksi. Langkah pertama adalah studi literatur yang berhubungan dengan topik penelitian yang dibahas pada bab 2. Langkah selanjutnya adalah survei pendahuluan untuk mendapatkan gambaran tentang layout proyek yang akan dibahas sekaligus pengambilan data fasilitas proyek yang digunakan pada proyek tersebut. pengambilan data dilakukan berdasarkan pengamatan dan juga hasil dari wawancara dengan responden terhadap hubungan antar fasilitas. Setelah data yang didapat sudah mewakili kegiatan dilapangan langkah selanjutnya adalah melakukan permodelan site layout dengan beberapa skenario tataletak fasilitas mengacu pada data yang didapatkan yaitu jarak antar fasilitas dan frekuensi pergerakan. Setelah dilakukan permodelan langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dari beberapa simulasi yang dilakukan. Langkah-langkah penelitian di atas akan dijelaskan dengan lebih detail dalam Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Flowchart penelitian.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan dengan cara pengamatan dilapangan dan juga hasil wawancara dengan responden di lapangan. Jenis data yang diperlukan dalam proses penelitian ini adalah:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung oleh penelitian dari sumber datanya. Data primer yang akan digunakan bertujuan untuk memperoleh informasi bentuk optimasi site layout yang akan digunakan, memperoleh data luas fasilitas dan jarak antar fasilitas dalam proyek.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia pada proyek tersebut, sehingga langkah selanjutnya adalah mencari dan mengumpulkan data dari pihak kontraktor. Data sekunder meliputi:

- a. *Data Site Geometrical*

Data ini mencakup tentang data bentuk dan ukuran bangunan fasilitas yang tersedia di proyek. Data ini dibutuhkan untuk melakukan perhitungan jarak antar fasilitas yang ada di lokasi proyek.

- b. *Data Keselamatan Kerja*

Data ini mencakup tentang data zona keselamatan kerja, dan nilai tingkat keparahan kecelakaan kerja.

3.3. Permodelan *Site Layout*

Permodelan yang dilakukan adalah dengan melakukan penataan ulang terhadap fasilitas sementara yang ada di lokasi proyek. Permodelan dilakukan dalam beberapa skenario dengan menggeser fasilitas ke sumbu X dan Y setiap 5 meter agar dapat memberikan tingkat produktivitas tertinggi dan nilai Travel

distance terendah. Fasilitas sementara yang ditinjau biasanya meliputi:

1. L1 = gedung Utama
2. L2 = Direksi Keet
3. L3 = Gudang Material
4. L4 = Fabrikasi Besi
5. L5 = Gudang Peralatan
6. L6 = Pos Keamanan
7. L7 = TC1
8. L8 = TC2
9. L9 = *Passanger Hoist*
10. L10 = Musholla dan WC
11. L11 = Concrete Stasioner Pump
12. L12 = Genset
13. L13 = Kantor Mekanik
14. L14 = Unloading Area 1
15. L15 = Unloading Area 2

Dari beberapa fasilitas ini dicari lokasi yang paling ideal yang bisa mengoptimalkan proses kerja dan memberikan tingkat *Travel Distance* terkecil.

3.4. Pengukuran Jarak antar Fasilitas

Dalam penelitian ini, pengukuran jarak antar fasilitas menggunakan perhitungan dengan metode Manhattan Metode. Manhattan merupakan metode yang dianggap paling mewakili dalam perhitungan jarak antar fasilitas dibanding metode Euclidean, karena metode Manhattan mempertimbangkan rintangan dalam penentuan jarak antar fasilitas. Untuk lebih memudahkan dalam proses perhitungan jarak antar fasilitas, maka akan digunakan program bantu CAD (*Computer-Aided Design*). Tujuan dari pengukuran site layout adalah untuk mengetahui jarak tempuh atau *Travel Distance* (TD) pergerakan pekerja antar fasilitas.

Bentuk dari hasil perhitungan jarak tempuh masing-masing fasilitas akan ditampilkan dalam bentuk Matrik seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Matrik Jarak Tempuh

Fasilitas	Gedung utama	Direksi Keet	Gudang	Barak pekerja	Fabrikasi Baja	KM/WC	Stok yard
Gedung utama	0						
Direksi Keet		0					
Gudang			0				
Barak pekerja				0			
Fabrikasi Baja					0		
KM/WC						0	
Stok yard							0

Dalam tabel diatas akan tercatat jarak masing-masing fasilitas satu sama lain. Jarak antar fasilitas dinyatakan dalam satuan meter (m). Setiap terjadi perubahan sekenario *site layout* maka jarak antar fasilitas harus dihitung ulang.

3.5. Menghitung Frekuensi Perpindahan

Tahapan menghitung frekuensi perpindahan atau pergerakan pekerja antar fasilitas dilakukan dengan survey di lokasi penelitian. Untuk penelitian ini yang dijadikan objek adalah proyek One East, Surabaya. Frekuensi perpindahan merupakan jumlah atau banyaknya pergerakan yang dilakukan oleh pekerja ke fasilitas yang ada selama 1(satu) hari. Nilai dari pergerakan pekerja didapatkan dari hasil survey lapangan atau dengan wawancara dengan pihak yang terkait di lapangan. Perhitungan frekuensi pergerakan yang dilakukan pekerja hanya dilakukan sekali saja dan nilainya sama untuk semua sekenario.

Bentuk dari hasil perhitungan frekuensi perpindahan antar fasilitas akan ditampilkan dalam bentuk Matrik seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Matrik Frekuensi Perpindahan

Fasilitas	Gedung utama	Direksi Keet	Gudang	Barak pekerja	Fabrikasi Baja	KM/WC	Stok yard
Gedung utama	0						
Direksi Keet		0					
Gudang			0				
Barak pekerja				0			
Fabrikasi Baja					0		
KM/WC						0	
Stok yard							0

3.6. Optimasi Site Layout

Perencanaan yang buruk dari penataan fasilitas sementara dapat berpotensi menyebabkan tertundanya suatu pekerjaan, berbagai penanganan terhadap material berdampak kepada menurunnya produktivitas kerja, keterlambatan jadwal atau schedule, kerugian waktu dan uang. Untuk proses konstruksi yang berjalan dengan lancar dan efisien, pemanfaatan ruang site perlu ditentukan dengan sangat cermat.

Optimasi site layout adalah proses mengoptimalkan sebuah tujuan yang bergantung pada sejumlah batasan atau kendala. Dalam optimasi ini tidak ada solusi optimal tunggal, seperti mengoptimalkan salah satu hasil objektif dalam degradasi kualitas solusi dalam tujuan lain. Sebaliknya sekelompok solusi optimal yang ada mempertimbangkan berbagai pertukaran antar tujuan yang saling bertentangan (Ehrgott,2005). Dalam proses

optimasi ini akan dibantu aplikasi Ms. Excel dalam menyelesaikan analisis.

Tahapan selanjutnya adalah memodelkan data yang ada dalam sebuah bentuk matematis, yang dimana bentuk model terdiri dari 3 aspek:

1. Fungsi tujuan secara matematis didefinisikan sebagai:

$$\begin{aligned}\text{Min } Z &= (P1.X1 + P2.X2 + \dots PnXn) \\ &= (TC1.Y1 + TC2.Y2 + \dots TCn.Yn)\end{aligned}$$

Dimana; P_n = adalah jarak pekerja antara fasilitas A ke fasilitas B.

TC_n = adalah jarak perpindahan barang yang dilakukan alat *Tower Crane* dari fasilitas A ke fasilitas B.

X_n = variabel frekuensi pergerakan pekerja antar fasilitas.

Y_n = variable frekuensi perpindahan barang antar fasilitas.

Z = Jarak Tempuh / *Traveling Distance*

Tujuan dari program linear adalah mencari nilai minimum dari pergerakan pekerja dan alat *tower crane*.

2. Variabel keputusan

Variable keputusan adalah variable yang digunakan untuk membentuk nilai Z , variable keputusan dalam penelitian ini adalah nilai minimum dari pergerakan pekerja dan *Tower Crane*.

3. Fungsi batasan:

- Fungsi batasan *Overlapping*

Penelitian ini menggunakan batasan pertidaksamaan matematika untuk memastikan bahwa fasilitas tidak tumpang tindih dengan satu sama lain atau bangunan

yang akan dibangun. Fasilitas diwakili dengan koordinat salah satu sudut (X,Y) fungsi batasan ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antar fasilitas i dan j dapat dinyatakan sebagai:

$$\max[(x_j - x_i - l_i)(x_j - x_i + l_j), (y_j - y_i - w_i)(y_j - y_i + w_j)] \geq 0$$

Dimana l dan w adalah panjang dan lebar dari fasilitas yang ditinjau.

- Jarak radius Tower Crane
Beberapa fasilitas seperti fabrikasi besi dan gudang penyimpanan alat harus berada dalam radius dicapai dari tower crane, sehingga butuh perumusan matematis dimana:

$$(x_t - x_f)^2 + (y_t - y_f)^2 \leq R t^2$$

Dimana:

(x_t, y_t) = adalah koordinat sumbu rotasi Tower Crane

(x_f, y_f) = adalah koordinat dari fasilitas yang terjauh dari Crane

R_t = radius angkat dari Tower Crane.

Batasan ini bermaksud agar fasilitas terjauh masih dapat di capai oleh Tower Crane

- Fasilitas yang membutuhkan waktu yang lama dan biaya tambah dalam pemindahannya seperti tower crane dan Genset diasumsikan bersifat tetap.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

One East Residences, Oakwood Serviced Apartments & One Avaneu retail Arcade milik MNC Land merupakan hunian eksklusif bintang lima yang terdiri dari *strata title apartment* (apartemen dijual) sebanyak 285 unit, *serviced apartment* (apartment disewakan) sebanyak 144 unit dan pusat perbelanjaan One Avaneu retail Arcade. Gedung ini menempati tanah seluas 5.042 m² yang berlokasi di jalan Kertajaya Indah, Surabaya yang dulunya adalah gedung kantor RCTI. Gedung ini memiliki 33 lantai dan 3 basement dengan luas bangunan 76.415 m² dan diperkirakan membutuhkan waktu pengerjaan selama 2,5 tahun dengan kontraktor pihak PT TATA NUSANTARA MULIA.

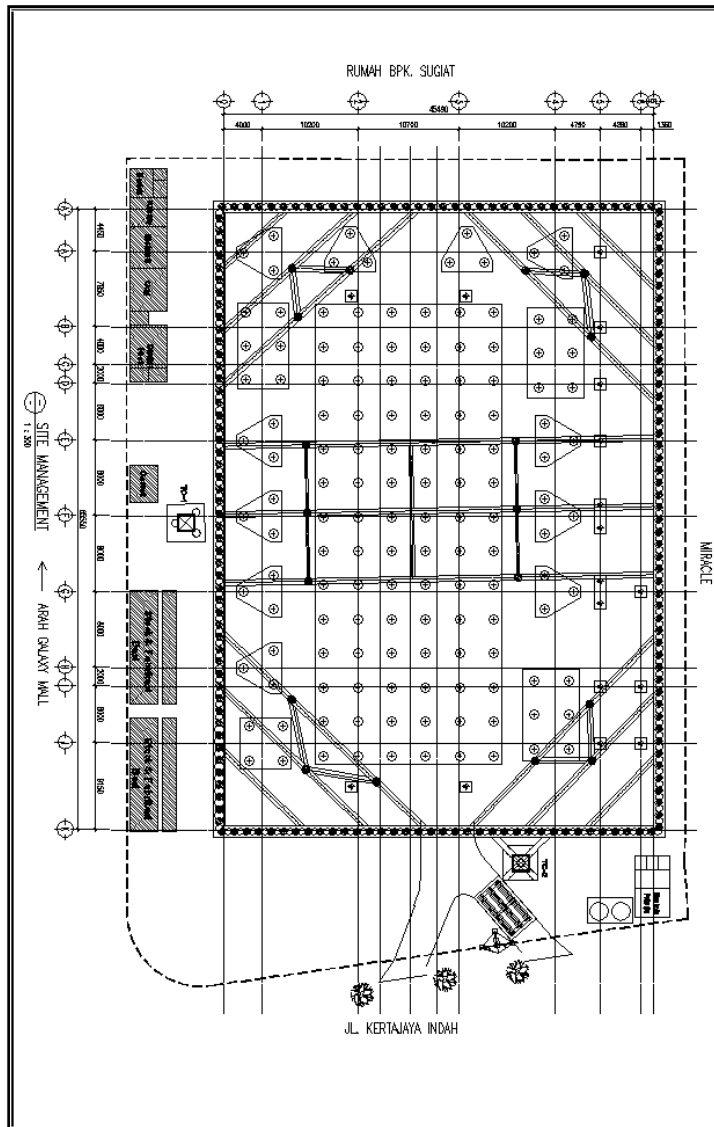
4.2. Survey dan Pengumpulan Data Site Layout Management

Survey dilakukan untuk memperoleh data tata letak fasilitas dan ukuran tiap-tiap fasilitas, jarak antar fasilitas, serta frekuensi perpindahan antar fasilitas. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, untuk data primer yang sifatnya belum tercatat atau *off-record* dilakukan dengan cara survey dan wawancara, dalam hal ini adalah data *site layout* dan frekuensi perpindahan antar fasilitas. Kemudian untuk data sekunder dilakukan dengan cara meminjam data kepada pihak yang bertanggung jawab pada proyek tersebut. Pengelolaan data dilakukan dengan menggunakan program bantu CAD untuk pengukuran jarak antar fasilitas.

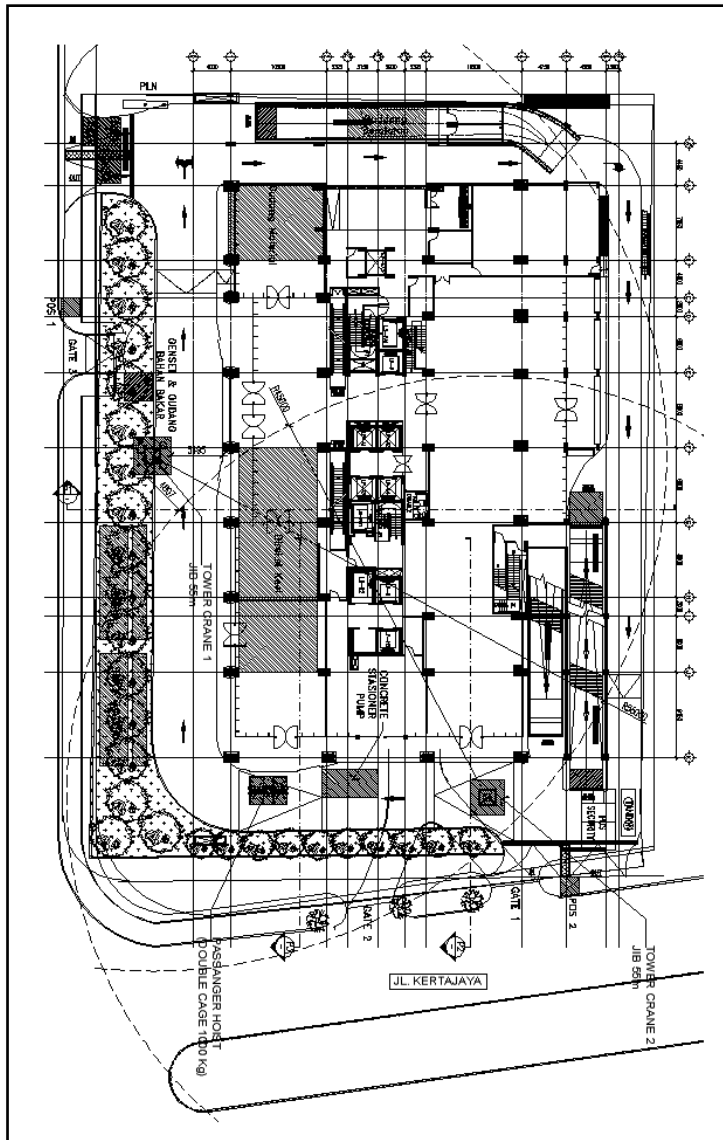
Dari proses survey dan wawancara dengan kontraktor didapatkan informasi bahwa kebutuhan fasilitas selama proses konstruksi dari awal hingga akhir proses konstruksi membutuhkan fasilitas sementara sebanyak 13 fasilitas. Melihat ketersediaan lahan yang terbatas maka tidak memungkinkan untuk menyediakan 13 fasilitas proyek tersebut, sehingga penyediaan dan perencanaan fasilitas dibagi menjadi 2 tahap.

Tahap pertama adalah pada saat pekerjaan basement dan tahap kedua pada saat pekerjaan tower gedung. Pada saat tahap pertama yaitu tahap pekerjaan basement fasilitas sementara yang dibutuhkan adalah area fabrikasi besi, direksi keet, gudang material, TC1, pos jaga, Concrete Stasioner Pump dan Musholla. Sedangkan pada saat fase tower beberapa fasilitas sementara memanfaatkan lokasi basement, karena pada saat pekerjaan Tower area basement sudah bisa digunakan beberapa fasilitas tersebut adalah ruang meeting (direksi Keet) dan gudang material berada pada basement 1a sedangkan fasilitas sementara yang lain berada di sekeliling gedung utama adapun fasilitas tersebut adalah mushollah, genset, TC1, TC2, gudang alat, Fabrikasi Besi, *Passanger Hoist*, *Concrete Stasioner Pump*, dan Pos keamanan. Perencanaan site layout pada fase basement jumlah fasilitas sementara yang dibutuhkan 7 fasilitas dan pada fase tower jumlah fasilitas yang dibutuhkan adalah sebanyak 11. Penambahan jumlah fasilitas pada fase pekerjaan tower dikarenakan bertambahnya volume pekerjaan. Akan tetapi, dalam proses optimasi ini yang ditinjau adalah pada saat site layout pada fase tower karena pada saat survey pekerjaan sudah mencapai fase tower.

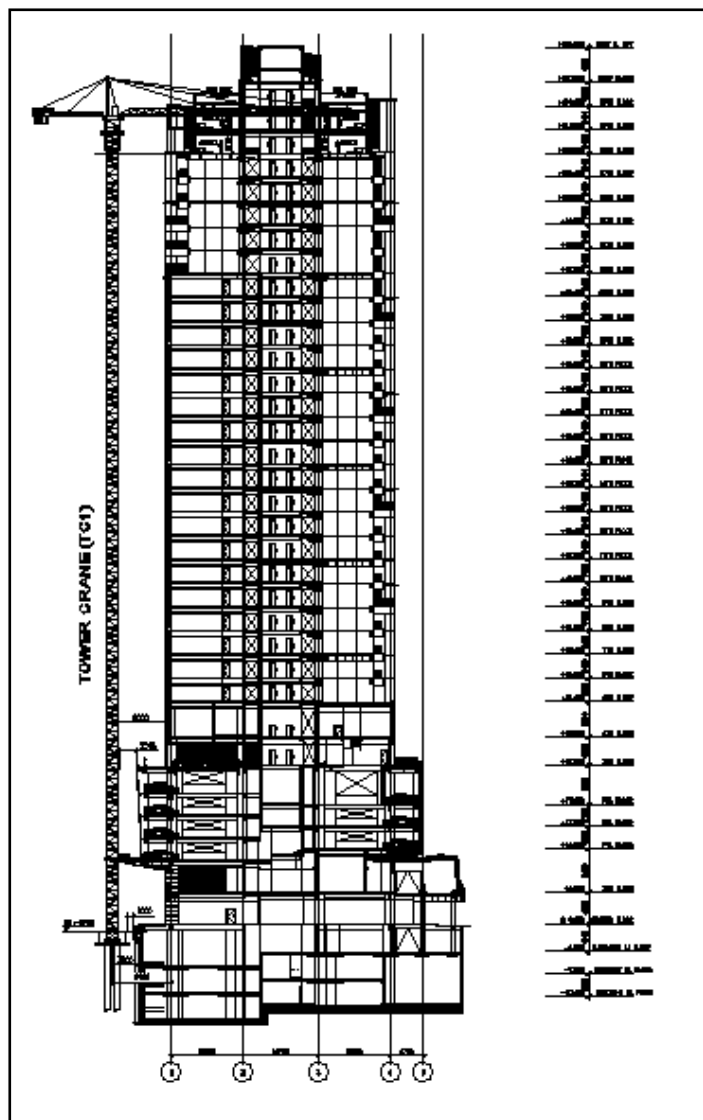
Bentuk site layout pada Proyek Pembangunan One East dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Site Layout Eksisting Tahap 1 Pengerjaan Basement



Gambar 4.2 Site Layout Eksisting Tahap 2 Pengerjaan Tower



Gambar 4.3 Potongan melintang gedung One East

Dari hasil survey yang dilakukan melalui proses pengamatan dilapangan dan wawancara pada kontraktor pelaksana pada proyek tersebut, maka didapat data sebagai berikut:

- a. Untuk melakukan optimasi *site layout*, maka perlu adanya identifikasi fasilitas. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui jumlah fasilitas dan sifat fasilitas tersebut. Semua fasilitas yang ada diidentifikasi untuk mengetahui luas masing-masing fasilitas dan kegunaannya. Hasil identifikasi tipe fasilitas dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Identifikasi Fasilitas Eksisting

No	Nama Fasilitas	Kode	Kebutuhan (m2)	Elevasi					
1	Gedung Utama	F1	2980.25	0,00	9	Passanger Hoist	F9	12.00	0,00
2	Direksi Keet meliputi kantor kontraktor dari MK, ruangan meeting, toilet, staff, dan musholla	F2	320.00	-4.00	10	Mushollah dan WC pekerja	F10	22.00	0,00
					11	Concrete Stasioner Pump	F11	18.00	0,00
					12	Genset	F12	9.00	0,00
3	Gudang Penyimpanan Material	F3	80.00	0,00	13	Kantor Mekanikal	F13	18	0,00
4	Fabrikasi Besi Tulangan Meliputi area <i>bar bender</i> dan <i>bar cutter</i>	F4	120.00	0,00	14	Unloading Area 1	F14	18	0,00
					15	Unloading Area 2	F15	18	0,00
5	Gudang Peralatan	F5	28.00	0,00					
6	Pos Jaga	F6	23.40	0,00					
7	TC1	F7	16.00	0,00					
8	TC2	F8	16.00	0,00					

- b. Adanya batasan atau constraint merupakan fasilitas yang tidak dapat dipindahkan karena alasan perencanaan. Pada penelitian ini beberapa tipe fasilitas yang termasuk constraint adalah gedung utama, *Tower Crane*, *Passanger Hoist*, Pos keamanan, Genset, *Concrete Stasioner Pump* dan *Unloading Area*. Gedung utama yang merupakan fasilitas tetap (fixed) yang letaknya tidak dapat dipindahkan lagi pada proses seknario optimasi dikarenakan letaknya sudah direncanakan secara teknis. Genset dan *tower crane* yang merupakan fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary) dimana letaknya tidak dapat berpindah-pindah karena fasilitas ini telah mempertimbangkan alasan keamanan dan keselamatan kerja serta pada proses pemindahannya membutuhkan alokasi biaya dan waktu yang cukup besar sehingga pada proses optimasi letaknya mengacu pada kondisi awal dan tidak mengalami pemindahan. Pos keamanan yang merupakan fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary) dimana letaknya telah mempertimbangkan alasan keamanan dan keselamatan dimana harus berada pada pintu masuk proyek sehingga pada proses optimasi juga mengacu pada kondisi awal dan tidak mengalami perpindahan. *Concrete Stasioner pump* tidak dapat dipindahkan karena berhubungan dengan waktu pemasangan yang lama dan apabila di pindahkan akan menghambat pekerjaan pengecoran beton. *Unloading Area* tidak dapat dipindahkan juga karena akses proyek yang sempit sehingga letak *unloading area* harus berdekatan dengan gerbang masuk. Direksi keet berada pada lantai basement untuk factor keamanan karena pada lokasi luar gedung terdapat tower crane yang bekerja.

Tabel 4.2 Identifikasi Fasilitas dan Constraint

No	Nama Fasilitas	Kode	Kebutuhan (m2)	Tipe Fasilitas	Constraint	Keterangan
1	Gedung Utama	F1	2980.25	Fasilitas tetap (fixed)	√	Gedung yang akan dibangun
2	Direksi Keet meliputi kantor kontraktor dari MK, ruangan meeting, toilet, staff, dan musholla	F2	320.00	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	√	Area koordinasi
3	Gudang Penyimpanan Material	F3	80.00	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	–	penyimpanan material seperti pas dinding habel, semen dll
4	Fabrikasi Besi Tulangan Meliputi area <i>bar bender</i> dan <i>bar cutter</i>	F4	120.00	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	–	Area fabrikasi besi ada 2 tempat, 1 tempat terdiri dari gudang besi dan area <i>bar cutter</i>
5	Gudang Peralatan	F5	28.00	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	–	Gudang peralatan digunakan untuk penyimpanan Skafolding bekisting,dll
6	Pos Jaga	F6	23.40	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	
7	TC1	F7	16.00	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	Tower Crane menggunakan tipe Jaing Lo 150, dengan radius 55 meter
8	TC2	F8	16.00	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	Tower Crane menggunakan tipe Jaing Lo 150, dengan radius 45 meter
9	Passanger Hoist	F9	12.00	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	Alat naik pekerja menuju tempat konstruksi tower dengan kapasitas 1000kg
10	Mushollah dan WC pekerja	F10	22.00	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	–	
11	Concrete Stasioner Pump	F11	18.00	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	Area truk molen dan concrete pump
12	Genset	F12	9.00	fasilitas yang tidak dapat bergerak (stationary)	√	Area genset dan bahan bakar minyak
13	Kantor Mekanikal	F13	18	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	–	Kantor kordinasi & gudang alat Mekanikal
14	Unloading Area 1	F14	18	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	√	Area Bongkar muat yang di tangani oleh TC1
15	Unloading Area 2	F15	18	fasilitas yang dapat bergerak (moveable)	√	Area Bongkar muat yang di tangani oleh TC2

- c. Jarak antar fasilitas diperoleh dari pengukuran dilapangan dan pada gambar site. Hasil pengukuran jarak antar fasilitas dapat dilihat pada tabel 4.3.
- d. Frekuensi perpindahan pekerja, dari proses pengamatan dilapangan dan wawancara dengan kontraktor pelaksanaan pada proyek tersebut, maka didapat data frekuensi perpindahan pekerja antar fasilitas pada tabel 4.4 selain frekuensi pergerakan pekerja juga ada frekuensi pergerakan *Tower Crane (TC)* pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.3 Jarak Antar Fasilitas Sementara

Jarak Antar Fasilitas (m)	Gedung Utama	Direksi Keet	Gudang material	Fabrikasi Besi	Gudang Peralatan	Pos Jaga	TC1	TC2	Passanger Hoist	Mushollah dan WC	Concrete Stasioner Pump	Genset	Kantor Mekanik	Unloading Area 1	Unloading Area 2
Gedung Utama	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direksi Keet	17.3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gudang Material	30.35	36.057	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabrikasi besi	36.2	18.97	48.1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gudang peralatan	37.16	36	15.86	62.48	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pos Jaga	42.15	44	72.502	54.07	77.65	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TC1	27.95	17.47	28.235	27.75	43.44	61.5	0	-	-	-	-	-	-	-	-
TC2	35.74	33.8	65.43	42.158	72.7	12.1	57.6	0	-	-	-	-	-	-	-
Passanger Hoist	37.5	24.66	60.7	21.89	72.325	35.41	37.84	23.43	0	-	-	-	-	-	-
Musholla dan WC	47.18	47.27	19.42	52.86	29.9	88.51	25.34	80	70.4	0	-	-	-	-	-
Concrete Stasioner Pump	34	25.05	60.41	28.38	70.5	26.76	40.86	14.7	8.83	72.265	0	-	-	-	-
Genset	30.765	23.8	22.9	27.74	38.67	67.51	75.51	57.6	45.337	25.339	48.04	0	-	-	-
Kantor Mekanik	52.3	36.15	71.25	25.6	84.1	46.021	45.48	34.8	14.11	78.34	14.112	52.96	0	-	-
Unloading Area 1	33.22	25.8	19.3	31.34	35.13	68.9	10.9	59.4	48.264	22.31	48.26	3.8	56.36	0	-
Unloading Area 2	34.6	28.4	62.5	34.065	71.5	20.77	45.073	8.731	14.7	75.886	6	52	26.68	54.189	0

Adapun perhitungan jarak antar fasilitas dihitung dari jarak terdekatnya dengan rumus;

$$di = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

Tabel 4.4 Frekuensi Pergerakan Pekerja

Frekuensi Pergerakan Pekerja (thari)	Gedung Utama	Direksi Keet	Gudang material	Fabrikasi Besi	Gudang Peralatan	Pos Jaga	TC1	TC2	Passanger Hoist	Mushollah dan WC	Concrete Stasioner Pump	Genset	Kantor Mekanik	Unloading Area 1	Unloading Area 2
Gedung Utama	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direksi Keet	24	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gudang Material	168	32	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabrikasi besi	24	7	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gudang peralatan	128	12	24	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pos Jaga	3	5	0	3	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TC1	2	2	0	0	2	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-
TC2	1	1	0	0	0	1	2	0	-	-	-	-	-	-	-
Passanger Hoist	456	32	80	6	32	3	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Musholla dan WC	7	2	2	4	0	2	3	2	3	0	-	-	-	-	-
Concrete Stasioner Pump	27	16	16	5	4	2	0	0	5	0	0	-	-	-	-
Genset	2	2	3	2	2	0	2	2	5	1	4	0	-	-	-
Kantor Mekanik	32	4	2	7	2	2	3	2	6	5	5	6	0	-	-
Unloading Area 1	24	4	90	3	3	2	1	1	3	2	1	1	3	0	-
Unloading Area 2	16	5	3	26	2	2	1	1	4	1	12	1	2	1	0

Sumber: Wawancara dan pengamatan di lapangan

Tabel 4.5 Frekuensi Pergerakan *Tower Crane* 1

Frekuensi Pergerakan TC 1 (1hari)	Gedung Zone 1	Gedung Zone 2	Fabrikasi Besi	Unloading Area 1	Gudang Peralatan
Fabrikasi Besi	12	7	0	-	-
Unloading Area 1	14	8	8	0	-
Gudang Peralatan	3	2	0	0	0

Tabel 4.6 Frekuensi Pergerakan *Tower Crane* 2

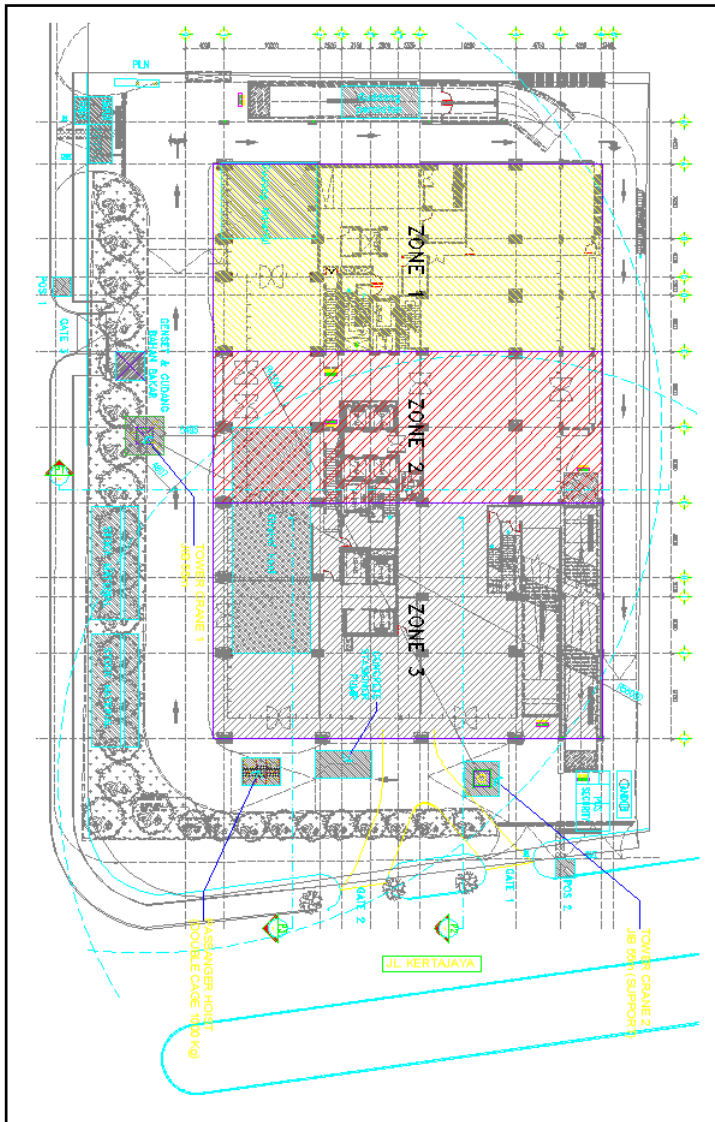
Frekuensi Pergerakan TC 2 (1hari)	Gedung Zone 2	Gedung Zone 3	Fabrikasi Besi	Unloading Area 2
Fabrikasi Besi	3	7	0	
Unloading Area 2	7	10	7	0

Sumber: Wawancara dan pengamatan di lapangan

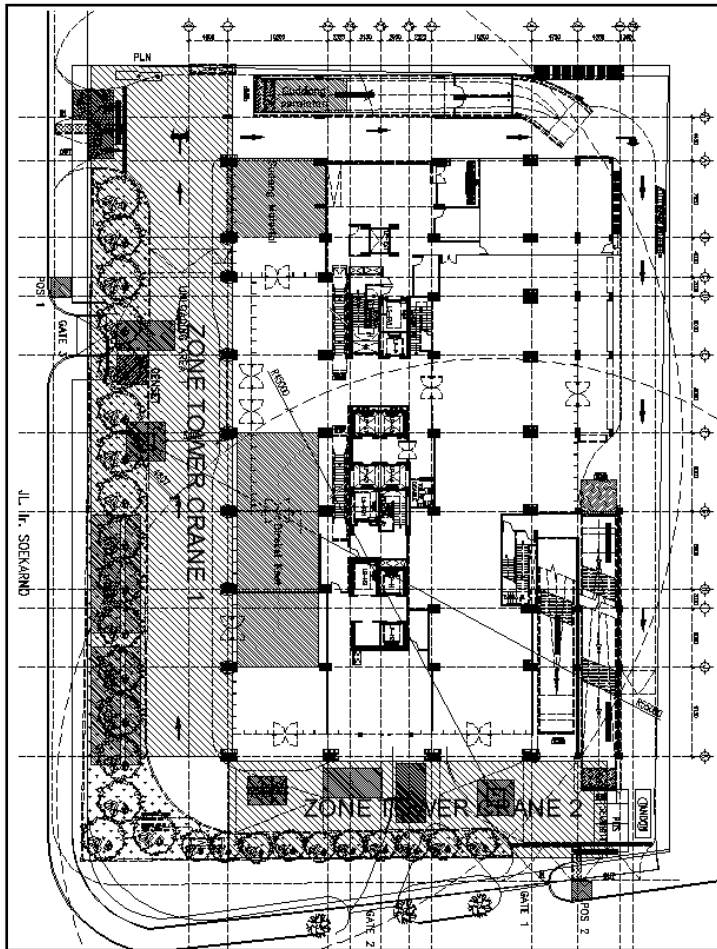
4.3. Metode Pelaksanaan Proyek

Proyek pembangunan One East terdiri dari 3 lantai basement dan 33 lantai yang dimanfaatkan untuk perhotelan. Dalam proses pembangunan One East sering terjadi perubahan dalam tata letak fasilitasnya dikarenakan lahan yang tersedia sangatlah minim. Oleh karena itu metode pelaksanaan yang tepat dan tata letak site yang baik sangat mempengaruhi dalam produktivitas kerja.

Dalam pelaksanaan pembangunannya, gedung One East dibagi dalam 3 zone untuk mempermudah dalam pembagian kerja zone 1 mulai dari As 1A s/d 1E, Zone 2 dari As 1E s/d 1G dan zone 3 adalah 1G s/d 1K. Sedangkan dalam proses konstruksinya ditunjang dengan adanya beberapa alat berat yaitu 2 *Tower Crane* (1 tower Crane utama dan 1 Tower Crane pembantu) dan ada 1 *passanger Hoist* untuk membantu mengangkut pekerja serta material menuju lantai yang dikerjakan.



Gambar 4.4 Pembagian Zone pada Proyek One East



Gambar 4.5 Pembagian Zone Tower Crane pada Proyek One East

Pembagian Zone dapat dilihat pada gambar 4.3. Dari gambar dapat dilihat bahwa pengerjaan gedung di bagi menjadi 3 zone dimana tiap zone dikerjakan secara terpisah. Dalam pengerjaan Zone 1,2 dan 3 dibantu oleh alat Tower Crane yang dimana tiap-tiap Tower Crane punya pembagian metode kerjanya masing masing dimana Tower Crane 1 beroperasi pada Zona 1 dan Zona 2, sedangkan Tower Crane 2 beroperasi pada Zona 2 dan 3. Sedangkan pembagian area fasilitas sementara yang dilayani oleh Tower Crane 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar 4.4.

4.4. Alternatif Skenario

Setelah mendapatkan data berupa fasilitas yang terdapat pada site yang kemudian dikelompokkan pada masing-masing tipe fasilitas dan jumlah kebutuhan ruang, selanjutnya dilakukan kemungkinan pemindahan fasilitas terhadap titik lokasi pemindahan fasilitas yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada site layout proyek gedung One East , jumlah fasilitas dan jumlah ketersediaan ruang sangat terbatas (equal site) dimana beberapa fasilitas sementara memanfaatkan area gedung yang kosong seperti basement untuk tempat fasilitas sementara. Titik lokasi dapat dilihat pada gambar 4.6 Pemindahan fasilitas dilakukan bertahap dengan cara menggeser fasilitas sementara sejarak 5 meter ke koordinat sumbu X dan Y dengan cara tersebut kita akan mendapatkan ratusan hingga ribuan alternative sekenario dan selanjutnya dari ribuan alternative tersebut akan dieliminasi sesuai dengan fungsi batasan pada bab 2. Fungsi batasan tersebut adalah:

Fungsi batasan *overlapping* (tumpang tindih)

$$\max[(x_j - x_i - l_i)(x_j - x_i + l_j), (y_j - y_i - w_i)(y_j - y_i + w_j)] \geq 0$$

Fungsi batasan radius Tower Crane.

$$(x_t - x_f)^2 + (y_t - y_f)^2 \leq R t^2$$

Fungsi batasan *overlapping* ini berlaku untuk semua fasilitas yang berpindah terhadap fasilitas yang tetap, dimana hasil koordinat X dan Y salah satu harus ada yg bernilai lebih besar sama dengan 0 (nol). Apabila nilai kedua koordinat tersebut bernilai negatif (-X dan -Y) maka fasilitas tersebut saling tumpang tindih satu sama lain.

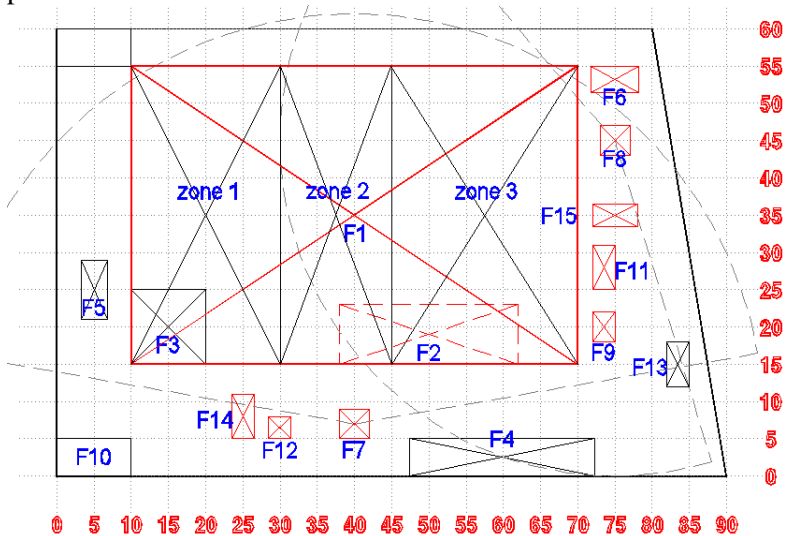
Sedangkan untuk fungsi batasan Tower Crane (TC) dibagi menjadi 2 yaitu untuk TC 1 radiusnya adalah 55m dan TC 2 radiusnya 45m. fungsi batasan TC tidak berlaku untuk semua fasilitas yang bergerak akan tetapi hanya pada fasilitas yang dilayani oleh TC berikut akan ditabelkan fasilitas-fasilitas yang dilayani oleh TC.

Tabel 4.7 Daftar Fasilitas Bergerak yang Harus dilayani TC

No	Nama Fasilitas	Kode	Status		Keterangan
			TC1	TC2	
1	Gudang Material	F3	-	-	Gudang material tidak membutuhkan layanan dari TC karena biasanya material diangkut oleh pekerja.
2	Fabrikasi Besi	F4	√	√	Karena frekuensi pergerakan TC banyak maka F4 membutuhkan layanan dari kedua TC
3	Gudang Alat	F5	√	√	Karena frekuensi pergerakan TC untuk fasilitas F5 sedikit maka cukup dilayani oleh salah satu TC saja.
4	Musholla & WC	F10	-	-	Tidak perlu
5	Kantor Mekanik	F13	-	-	Tidak perlu

Selain fasilitas diatas ada fasilitas lain yang seharusnya juga membutuhkan layanan dari TC yaitu fasilitas Unloading Area 1 (F14) dan Unloading Area 2 (F15). Akan tetapi fasilitas tersebut adalah fasilitas yang tidak berpindah sehingga tidak perlu di cek dengan fungsi batasan TC karena letaknya sudah ditetapkan dan sudah berada dalam radius layan TC.

Untuk fasilitas yang termasuk dalam fasilitas tetap tidak dimungkinkan untuk dilakukan pemindahan lokasi ditampilkan pada Gambar 4.6 berikut



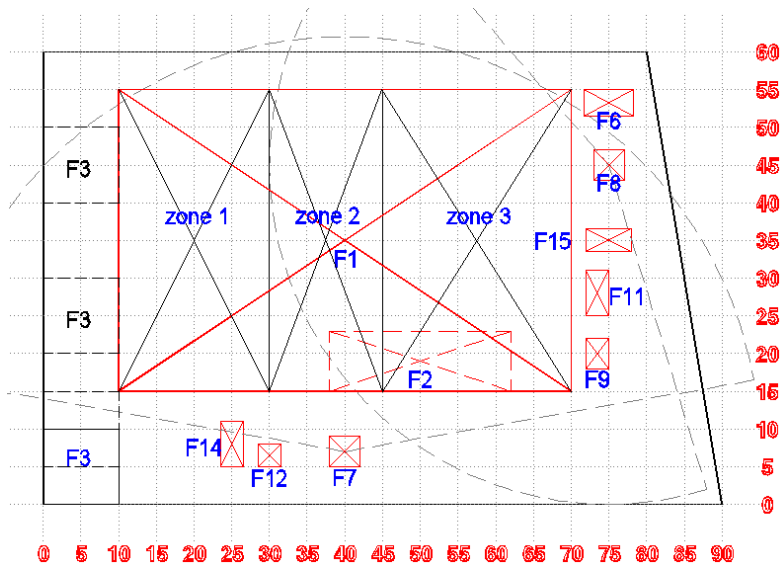
Gambar 4.6 Fasilitas Eksisting Sebelum Dilakukan Permodelan

Keterangan:

- : fasilitas yang bisa berpindah
- - - : fasilitas yang tetap
- - - - : fasilitas tetap yang berada di basement

Permodelan dilakukan dengan cara menghilangkan terlebih dahulu fasilitas seluruh yang berpindah dan hanya menyisakan fasilitas tetap kemudian 1 fasilitas ditaruh pada koordinat 0,0, selanjutnya fasilitas tersebut di geser ke arah X dan Y sejauh 5m secara terus menerus. Setiap perpindahan 5 meter harus di cek dengan fungsi batasan yaitu fungsi batasan *overlapping* dan fungsi batasan TC. Fungsi batasan *overlapping* dilakukan pada

fasilitas yang bergerak kesemua fasilitas yang tidak bergerak untuk mengetahui bahwa fasilitas tersebut tidak tumpang tindih dengan seluruh fasilitas tetap pada site. Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pergerakan Fasilitas F3

Dibawah ini akan ditampilkan sebagian dari cek overlapping dan cek radius TC antara Fasilitas Gudang Material (F3) → Gedung Utama (F1) dan Fabrikasi Besi (F4) → TC1 (F7) dan TC2 (F8), dari perhitungan dibawah didapatkan bahwa koordinat yang memiliki nilai koordinat -X dan -Y tidak bisa di tempati oleh fasilitas tersebut karena bertumpang tindih dengan fasilitas F1. Akan tetapi cek tersebut masih dengan fasilitas F1 belum dengan fasilitas yang selainnya. Syarat dikatakann fungsi batasan overlapping memenuhi adalah ketika fasilitas bergerak tidak bertumpang tindih dengan semua fasilitas yang tidak berpindah. Hasil perhitungan akan dilampirkan.

Perhitungan fungsi batasan Overlapping.

Koordinat F3

Koordinat F1

$X_i=0; Y_i=0$

$X_j=10; Y_j=15$

$L_i = 10; W_i = 10$

$L_j= 60; W_j=40$

$\text{Max} [(x_j-x_i-l_i)(x_j-x_i+l_j), (y_j-y_i-w_i)(y_j-y_i+w_j)] \geq 0$

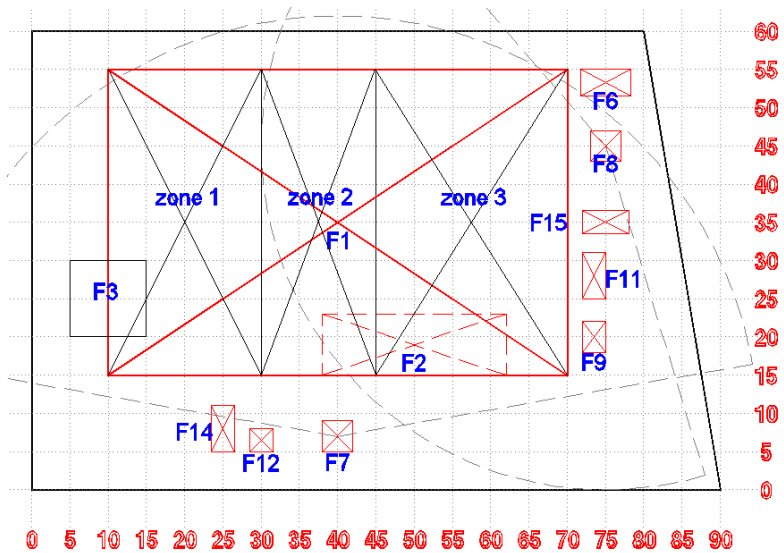
$\text{Max} [(10-0-10)(10-0+60), (15-0-10)(10-10+40)] \geq 0$

$\text{Max} [0;275]$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa pada saat F3 di koordinat 0,0 tidak *overlapping* dengan fasilitas F1. Pada tabel 4.8 didapatkan ada koordinat yang overlapping dengan fasilitas F1 yaitu pada koordinat (5;20), jika digambarkan maka posisi fasilitas F3 adalah seperti pada gambar 4.8.

Tabel 4.8 Cek overlapping F3→F1

No	Fasilitas Bergerak (F3)						Fasilitas Fixed (F1)						Constraint Overlapping		
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		Dimensi		Koor.		Titik Berat		F3-1		
	L(m)	W(m)	X	Y	X	Y	L(m)	W(m)	X	Y	X	Y	X	Y	Status
1	10	10	0	0	5	5	60	40	10	15	40	35	0	275	OKE
2	10	10	0	5	5	10	60	40	10	15	40	35	0	0	OKE
3	10	10	0	10	5	15	60	40	10	15	40	35	0	-225	OKE
4	10	10	0	15	5	20	60	40	10	15	40	35	0	-400	OKE
5	10	10	0	20	5	25	60	40	10	15	40	35	0	-525	OKE
6	10	10	0	25	5	30	60	40	10	15	40	35	0	-600	OKE
7	10	10	0	30	5	35	60	40	10	15	40	35	0	-625	OKE
8	10	10	0	35	5	40	60	40	10	15	40	35	0	-600	OKE
9	10	10	0	40	5	45	60	40	10	15	40	35	0	-525	OKE
10	10	10	0	45	5	50	60	40	10	15	40	35	0	-400	OKE
11	10	10	0	50	5	55	60	40	10	15	40	35	0	-225	OKE
12	10	10	5	0	10	5	60	40	10	15	40	35	-325	275	OKE
13	10	10	5	5	10	10	60	40	10	15	40	35	-325	0	OKE
14	10	10	5	10	10	15	60	40	10	15	40	35	-325	-225	N.OKE
15	10	10	5	15	10	20	60	40	10	15	40	35	-325	-400	N.OKE
16	10	10	5	20	10	25	60	40	10	15	40	35	-325	-525	N.OKE
17	10	10	5	25	10	30	60	40	10	15	40	35	-325	-600	N.OKE
18	10	10	5	30	10	35	60	40	10	15	40	35	-325	-625	N.OKE
19	10	10	5	35	10	40	60	40	10	15	40	35	-325	-600	N.OKE
20	10	10	5	40	10	45	60	40	10	15	40	35	-325	-525	N.OKE



Gambar 4.8 Kondisi F3 Overlapping dengan F1

Perhitungan fungsi batasan Tower Crane.

Koordinat F4

$X_t = 12,5$; $Y_t = 5$ (titik berat)

TC1 $R = 55m$

$X_{f1} = 40$; $Y_{f1} = 7$

TC2 $R = 45m$

$X_{f2} = 75$; $Y_{f2} = 45$

Cek batasan Tower Crane1

$$\begin{aligned} (X_t - X_f)^2 + (Y_t - Y_f)^2 &\leq 55^2 \\ |12,5 - 40|^2 + |5 - 7|^2 &\leq 55^2 \\ 27,87 &\leq 55 \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

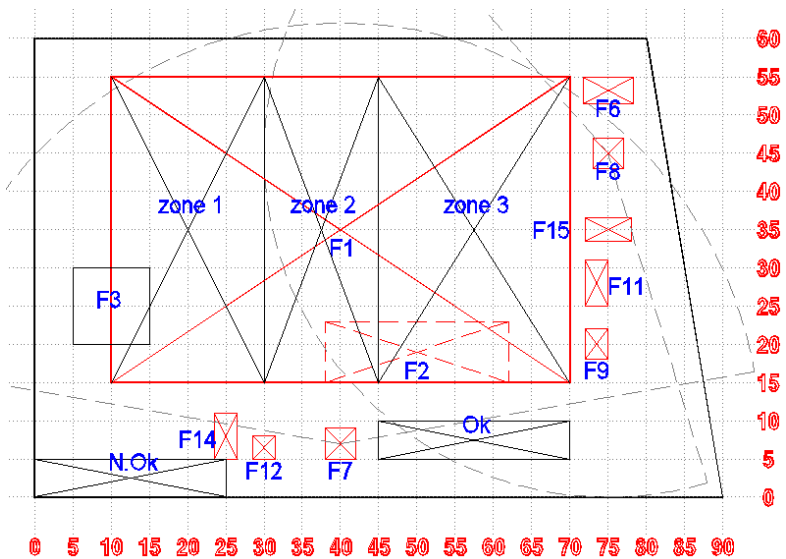
Cek batasan Tower Crane2

$$\begin{aligned} (X_t - X_f)^2 + (Y_t - Y_f)^2 &\leq 55^2 \\ |12,5 - 75|^2 + |5 - 45|^2 &\leq 55^2 \\ 75,58 &\leq 55 \quad (\text{N.OKE}) \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa pada saat F4 di koordinat 0,0 tidak memenuhi syarat *Tower Crane* yang dimana harus dapat dilayani oleh 2 TC. Pada tabel 4.9 disajikan sebagian hasil dari perhitungan cek terhadap fungsi batasan *Tower Crane*. Dari tabel didapatkan bahawa pada saat koordinat (0,0) fungsi tidak terpenuhi dan pada koordinat (45,5) fungsi dipenuhi.

Tabel 4.9 Cek fungsi batasan *Tower Crane* F4

No	Fasilitas Bergerak (F4)						Constraint Tower Crane										Kesimpulan
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		Tower Crane 1 R=			55	Tower Crane 2 R=			45			
	L(m)	W(m)	X	Y	X	Y	X	Y	D(m)	Status	X	Y	D(m)	Status			
1	25	5	0	0	12.5	2.5	40	7	27.87	OKE	75	45	75.58	N.OKE	N.OKE		
2	25	5	0	5	12.5	7.5	40	7	27.30	OKE	75	45	72.89	N.OKE	N.OKE		
3	25	5	0	10	12.5	12.5	40	7	28.04	OKE	75	45	70.45	N.OKE	N.OKE		
4	25	5	0	15	12.5	17.5	40	7	29.44	OKE	75	45	68.28	N.OKE	N.OKE		
5	25	5	0	20	12.5	22.5	40	7	31.57	OKE	75	45	66.43	N.OKE	N.OKE		
45	25	5	15	40	27.5	42.5	40	7	37.64	OKE	75	45	47.57	N.OKE	N.OKE		
46	25	5	15	45	27.5	47.5	40	7	42.39	OKE	75	45	47.57	N.OKE	N.OKE		
47	25	5	15	50	27.5	52.5	40	7	47.19	OKE	75	45	48.09	N.OKE	N.OKE		
48	25	5	15	55	27.5	57.5	40	7	52.02	OKE	75	45	49.12	N.OKE	N.OKE		
67	25	5	25	30	37.5	32.5	40	7	25.62	OKE	75	45	39.53	OKE	OKE		
68	25	5	25	35	37.5	37.5	40	7	30.60	OKE	75	45	38.24	OKE	OKE		
69	25	5	25	40	37.5	42.5	40	7	35.59	OKE	75	45	37.58	OKE	OKE		
70	25	5	25	45	37.5	47.5	40	7	40.58	OKE	75	45	37.58	OKE	OKE		
109	25	5	45	0	57.5	2.5	40	7	18.07	OKE	75	45	45.06	N.OKE	N.OKE		
110	25	5	45	5	57.5	7.5	40	7	17.51	OKE	75	45	41.38	OKE	OKE		
111	25	5	45	10	57.5	12.5	40	7	18.34	OKE	75	45	36.91	OKE	OKE		
112	25	5	45	15	57.5	17.5	40	7	20.41	OKE	75	45	32.60	OKE	OKE		
113	25	5	45	20	57.5	22.5	40	7	23.38	OKE	75	45	28.50	OKE	OKE		



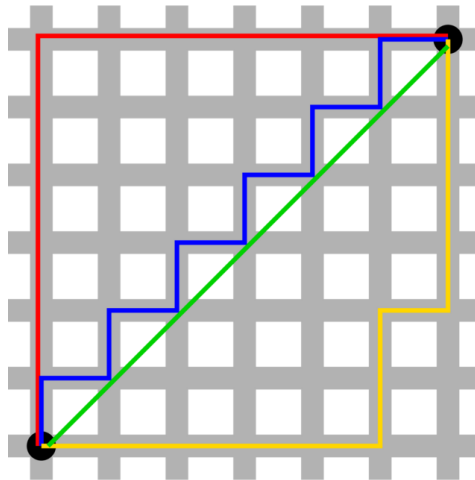
Gambar 4.9 Kondisi F4 Saat Fungsi TC “OK” dan “N.Ok”

Untuk perhitungan yang selainnya akan ditampilkan dalam bentuk lampiran.

4.5. Pemilihan Rute Pekerja

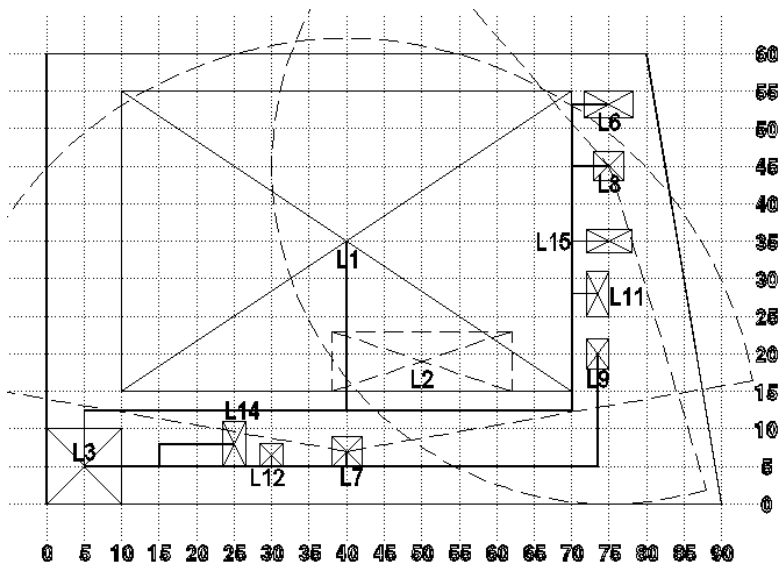
Dalam penelitian perencanaan maupun optimasi site layout kebanyakan kelemahan dalam penelitian ini adalah penggunaan jarak linear dalam optimasi site layout. Kelemahan ini terjadi karena dalam perhitungan jarak menggunakan metode linier tidak memperhitungkan adanya halangan antar 2 titik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami mencoba pendekatan menggunakan metode perhitungan *manhattan distance* meskipun pada metode ini juga masih terdapat beberapa kekurangan, yaitu jarak tempuh yang lebih panjang dibandingkan dengan kondisi lapangan. Manhattan distance merumuskan bahwa perjalanan pekerja dihitung berdasarkan arah sumbu X dan Y yang dimana merupakan rute terdekat antara 2 tujuan. Dalam pemilihan rute manhattan distance selain memperhitungkan jarak terdekat juga

mempertimbangkan adanya halangan (*obstacle*). Dalam pemilihan rute pekerja akan terdapat beberapa alternative rute seperti yang dijelaskan pada gambar 4.10. Pada gambar 4.10 terdapat 3 alternatif pemilihan rute antara titik 1 ke 2 yaitu rute garis warna merah, biru, dan kuning. Dari gambar tersebut menjelaskan bahwa pemilihan rute pekerja dari satu titik ke titik lain memiliki berbagai alternative yang berbeda. Akan tetapi meskipun terdapat beberapa alternative rute, pekerja selalu mencari yang terdekat. Oleh karena itu, meskipun rute yang dilewati berbeda masih memiliki jarak rute yang sama, seperti halnya pada gambar 4.10 meskipun ada 3 alternatif rute akan tetapi jarak yang dilewati tetaplah sama.



Gambar 4.10 Alternatif Rute Pekerja

Berikut akan ditampilkan pemilihan rute pekerja dari fasilitas 3 pada saat koordinat (0,0) ke fasilitas yang lain.



Gambar 4.11 Pemilihan Route Pekerja Fasilitas F3

Dari gambar diatas kemudian di masukkan pada rumusan manhattan distance maka akan didapatkan jarak rute pekerja.

4.6. Perhitungan Route Pekerja dan Tower Crane

Setelah menetapkan alternative skenario yang memungkinkan dengan mengeliminasi alternative yang tidak memenuhi dari fungsi batasan sebelumnya, tahapan selanjutnya adalah penentuan rute yang memungkinkan dari pekerja dan perhitungan jarak tempuh. Dalam perhitungan rute dibagi menjadi 2 yaitu perhitungan pergerakan pekerja dan perhitungan pergerakan TC. Perhitungan rute pekerja dan TC ditetapkan berdasarkan pengamatan kondisi lokasi di lapangan sehingga dalam penentuannya tidak di asumsikan secara acak atau sembarangan. Dalam perhitungan rute pekerja dan perhitungan pergerakan TC digunakan rumus Manhattan Distance seperti di jelaskan pada bab 2.

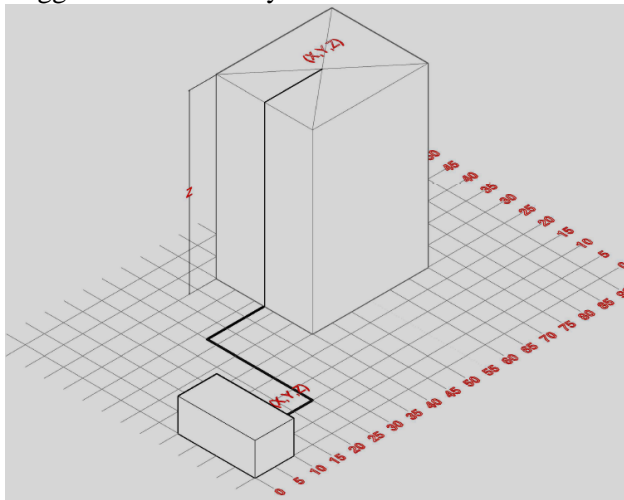
Perhitungan rute hanya dilakukan pada alternative perpindahan yang memenuhi syarat fungsi batasan overlapping dan Tower Crane saja.

4.6.1 Perhitungan Rute Pekerja

Perhitungan rute pekerja dilakukan dengan menggunakan rumusan manhattan distance:

$$d_{(p,q)} = (|y_2 - y_1| + |x_2 - x_1| + |z_2 - z_1|)$$

Dalam penilitan ini variable Z diabaikan karena fasilitas berada pada elevasi yang sama sedangkan apabila pekerja ingin naik ke lantai gedung atas bisa menggunakan *passanger hoist*. oleh karena itu, perhitungan rute pekerja hanya menggunakan 2 sumbu yaitu sumbu X dan Y.



Gambar 4.12 Perhitungan Rute Pekerja

Perhitungan Rute Pekerja: L3→L1 pada koordinat (0;0)

L3 → Xi= 5; Yi= 5 (Titik Berat Fasilitas)

L1 → Xj= 40; Yj= 35 (Titik Berat Fasilitas)

$$D(L3 \rightarrow L1) = (|X_j - X_i|) + (|Y_j - Y_i|)$$

$$D(L3 \rightarrow L1) = (|40 - 5|) + (|35 - 5|)$$

$$D(L3 \rightarrow L1) = (|35|) + (|30|)$$

$$D(L3 \rightarrow L1) = 65 \text{ m}$$

Untuk sebagian perhitungan yang lain ditampilkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Rute Pekerja dari F3 ke Fasilitas Tetap.

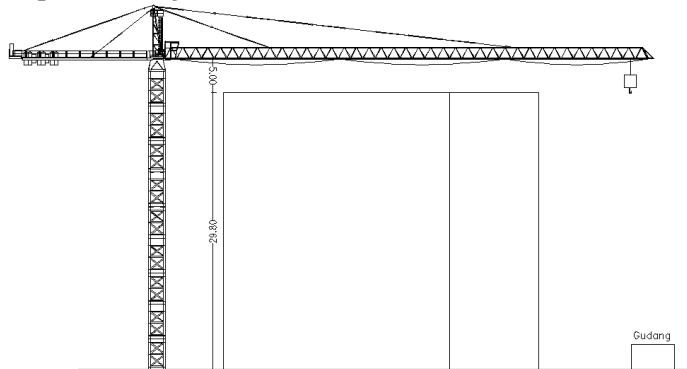
No	Fasilitas Bergerak (F3)						Manhattan Distance								
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		F3-F1	F3-F6	F3-F7	F3-F8	F3-F9	F3-F11	F3-F12	F3-F14	F3-F15
	L(m)	W(m)	X	Y	X	Y	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)
1	10	10	0	0	5	5	65	118.25	37	110	83.5	91.5	26.5	23	100
2	10	10	0	5	5	10	60	113.25	38	105	78.5	86.5	28.5	22	95
3	10	10	0	10	5	15	55	108.25	43	100	73.5	81.5	33.5	27	90
4	10	10	0	15	5	20	50	103.25	48	95	68.5	76.5	38.5	32	85
5	10	10	0	20	5	25	45	98.25	53	90	73.5	71.5	43.5	37	80
6	10	10	0	25	5	30	40	93.25	58	85	78.5	70.5	48.5	42	75
7	10	10	0	30	5	35	35	88.25	63	80	83.5	75.5	53.5	47	70
8	10	10	0	35	5	40	40	83.25	68	75	88.5	80.5	58.5	52	75
9	10	10	0	40	5	45	45	78.25	73	70	93.5	85.5	63.5	57	80
10	10	10	0	45	5	50	50	73.25	78	75	98.5	90.5	68.5	62	85
11	10	10	0	50	5	55	55	71.75	83	80	103.5	95.5	73.5	67	90
12	10	10	5	0	10	5	60	113.25	32	105	78.5	86.5	21.5	18	95
13	10	10	5	5	10	10	55	108.25	33	100	73.5	81.5	23.5	17	90
23	10	10	10	0	15	5	55	108.25	27	100	73.5	81.5	16.5	13	90
24	10	10	10	5	15	10	50	103.25	28	95	68.5	76.5	18.5	12	85
100	10	10	45	0	50	5	40	73.25	12	65	38.5	46.5	21.5	28	55
101	10	10	45	5	50	10	35	68.25	13	60	33.5	41.5	23.5	27	50
111	10	10	50	0	55	5	45	68.25	17	60	33.5	41.5	26.5	33	50
112	10	10	50	5	55	10	40	63.25	18	55	28.5	36.5	28.5	32	45
122	10	10	55	0	60	5	50	63.25	22	55	28.5	36.5	31.5	38	45
123	10	10	55	5	60	10	45	58.25	23	50	23.5	31.5	33.5	37	40
133	10	10	60	0	65	5	55	58.25	27	50	23.5	31.5	36.5	43	40
134	10	10	60	5	65	10	50	53.25	28	45	18.5	26.5	38.5	42	35

Pada tabel 4.9 adalah sebagian dari perhitungan rute pekerja dari fasilitas F3 ke fasilitas yang lain. Untuk perhitungan rute pekerja yang selainnya akan ditampilkan pada lampiran.

4.6.2 Perhitungan Pergerakan Tower Crane

Dalam penelitian ini terdapat 2 Tower Crane yang dimana bergerak sesuai dengan pembagian tugasnya masing-masing. Tower crane 1 bertugas melayani gedung utama pada Zona 1

dan Zona 2 dengan area perpindahan material dari Fabrikasi Besi, Unloading area 1, dan Gudang Peralatan. Sedangkan Tower Crane 2 bertugas melayani gedung Zona 2 dan Zona 3 dengan area perpindahan material dari Unloading Area 2 dan Fabrikasi Besi. Asumsi ketinggian gedung pada saat dilakukan survey lokasi proyek yaitu pada lantai 23 atau setinggi 92.8 meter. Dalam perhitungan juga dibantu aplikasi AutoCad untuk pembandingan.

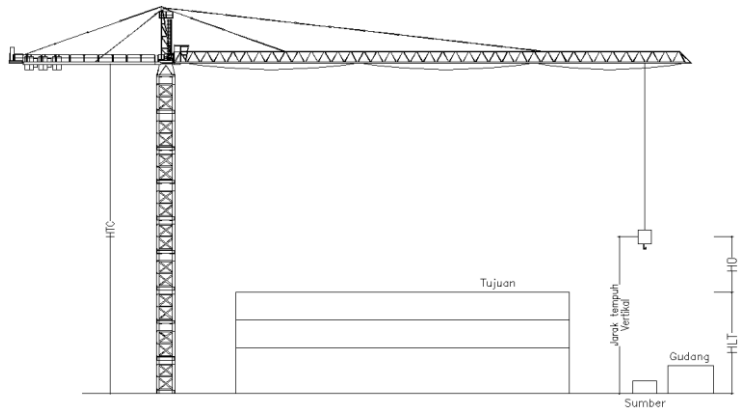


Gambar 4.13 Ketinggian Tower Crane dan Gedung.

Dalam proses mekanisme distribusi material oleh Tower Crane (TC) terdapat 3 proses yaitu proses angkat (Hoist), Proses rotasi (Swing), dan Horizontal.

Perhitungan pergerakan TC1 dari **Fabrikasi Besi (F4) → Zone 1.**

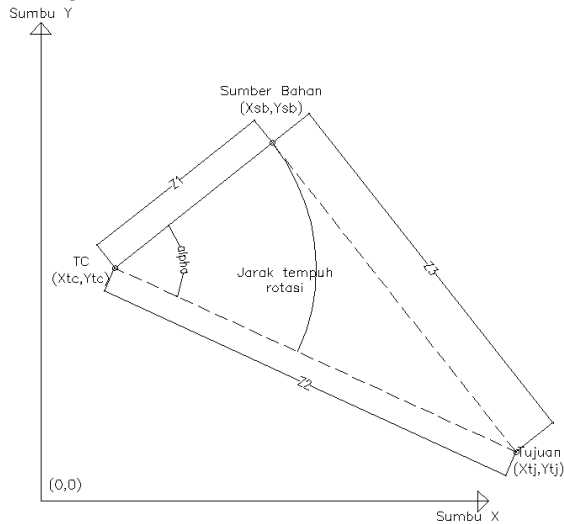
- Jarak Hosting (angkat)



Gambar 4.14 Jarak Hosting Tower Crane.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Hosting} &= H \text{ lantai} - H \text{ sumber bahan} + H \text{ keamanan} \\
 &= 92,8\text{m} - 0\text{m} + 2 \text{ m} \\
 &= 94.8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Jarak Swing (Rotasi)



Gambar 4.15 Jarak Rotasi Tower Crane.

Dalam perhitungan ini sumber bahan adalah Fabrikasi besi (F4) sedangkan tujuan adalah Zone 1.

Koordinat:

TC $\rightarrow X = 40 ; Y = 7$

Sumber bahan $\rightarrow X = 72,5 ; Y = 7,5$

Tujuan $\rightarrow X = 20 ; Y = 35$

$$\begin{aligned} Z1 &= \sqrt{(|Ytc - Ysb|)^2 + (Xsb - Xtc)^2} \\ &= 32,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= \sqrt{(|Ytc - Ytj|)^2 + (|Xtj - Xtc|)^2} \\ &= 34 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z3 &= \sqrt{(|Ytj - Ysb|)^2 + (|Xsb - Xtj|)^2} \\ &= 59 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{Z1^2 + Z2^2 - Z3^2}{(2 \times Z1 \times Z2)} = \frac{32,5^2 + 34^2 - 59^2}{(2 \times 32,5 \times 34)} = -0.574$$

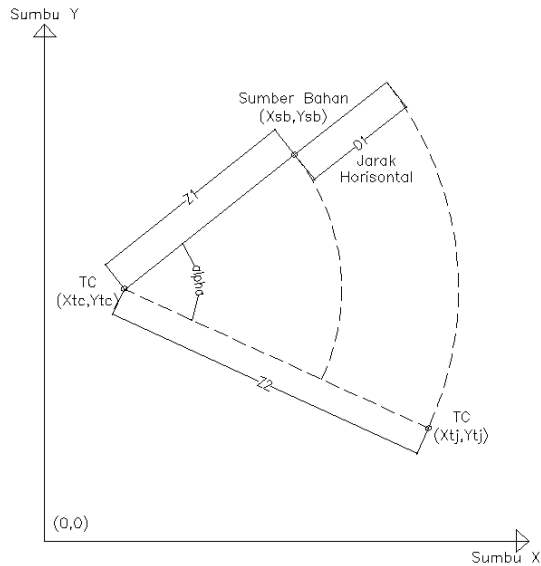
$$\alpha = 124,7^\circ$$

$$\text{Jarak tempuh swing} = \frac{\alpha}{360} \times 2\pi Z1$$

$$= \frac{124,7}{360} \times 2 \cdot \pi \cdot 32,5$$

$$= 70,7 \text{ m}$$

- Jarak Horizontal



Gambar 4.16 Jarak Horizontal Tower Crane.

$$Z1 = 32,5 \text{ m}$$

$$Z2 = 34 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Horizontal } D1 = |Z2 - Z1| = 34 - 32,5 = 1,5 \text{ m}$$

Sehingga Jarak Tempuh Pergerakan Tower Crane Fabrikasi Besi → Gedung Zone 1 adalah $= H + R + D$
 $= 94,8\text{m} + 70,7\text{m} + 1,5\text{m} = 167 \text{ m}$

Untuk perhitungan pergerakan TC1 dan TC 2 yang lainnya akan di tampilkan dalam tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan Pergerakan TC dari F4 ke Zone1.

No	Fasilitas Bergerak (F4)						Pergerakan Tower Crane 1										Σ
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		Zone 1		Z1	Z2	Z3	α	Host	Swing	Horisontal		
	L (m)	W (m)	X	Y	X	Y	X	Y	(m)	(m)	(m)	°	(m)	(m)	(m)		
60	25	5	20	55	32.5	57.5	20	35	51.1	34.4	25.7	27.1	94.8	24.1	16.6	135.6	
72	25	5	25	55	37.5	57.5	20	35	50.6	34.4	28.5	32.7	94.8	28.9	16.2	139.8	
84	25	5	30	55	42.5	57.5	20	35	50.6	34.4	31.8	38.4	94.8	33.9	16.2	144.8	
87	25	5	35	10	47.5	12.5	20	35	9.3	34.4	35.5	89.3	94.8	14.5	25.1	134.4	
96	25	5	35	55	47.5	57.5	20	35	51.1	34.4	35.5	44.0	94.8	39.2	16.6	150.6	
99	25	5	40	10	52.5	12.5	20	35	13.7	34.4	39.5	101.8	94.8	24.3	20.8	139.8	
108	25	5	40	55	52.5	57.5	20	35	52.0	34.4	39.5	49.4	94.8	44.9	17.6	157.3	
110	25	5	45	5	57.5	7.5	20	35	17.5	34.4	46.5	123.9	94.8	37.9	16.9	149.6	
111	25	5	45	10	57.5	12.5	20	35	18.3	34.4	43.7	108.1	94.8	34.6	16.1	145.5	
120	25	5	45	55	57.5	57.5	20	35	53.4	34.4	43.7	54.7	94.8	51.0	19.0	164.8	
121	25	5	50	0	62.5	2.5	20	35	22.9	34.4	53.5	136.8	94.8	54.8	11.5	161.1	
122	25	5	50	5	62.5	7.5	20	35	22.5	34.4	50.6	124.3	94.8	48.8	11.9	155.5	
123	25	5	50	10	62.5	12.5	20	35	23.2	34.4	48.1	111.8	94.8	45.2	11.2	151.2	
133	25	5	55	0	67.5	2.5	20	35	27.9	34.4	57.6	134.8	94.8	65.6	6.5	166.9	
134	25	5	55	5	67.5	7.5	20	35	27.5	34.4	54.9	124.5	94.8	59.8	6.9	161.5	
135	25	5	55	10	67.5	12.5	20	35	28.0	34.4	52.6	114.2	94.8	55.9	6.4	157.1	
145	25	5	60	0	72.5	2.5	20	35	32.8	34.4	61.7	133.4	94.8	76.4	1.6	172.8	
146	25	5	60	5	72.5	7.5	20	35	32.50	34.4	59.3	124.7	94.8	70.7	1.9	167.4	
147	25	5	60	10	72.5	12.5	20	35	33.0	34.4	57.1	115.9	94.8	66.7	1.4	162.9	
157	25	5	65	0	77.5	2.5	20	35	37.8	34.4	66	132.4	94.8	87.3	3.4	185.4	
158	25	5	65	5	77.5	7.5	20	35	37.5	34.4	63.7	124.8	94.8	81.7	3.1	179.6	

Pada tabel 4.11 adalah sebagian dari perhitungan rute pergerakan TC dari fasilitas F4 ke Zone1. Untuk perhitungan rute pergerakan TC yang selainnya akan ditampilkan pada lampiran.

4.7. Optimasi site Layout

Optimasi Site layout dikatakan optimal jika perencanaan terhadap penempatan fasilitas dapat mencapai nilai travel distance pekerja dan *Tower Crane* paling minimum. Setelah kita mengeliminasi ribuan alternative menggunakan fungsi batasan overlapping dan batasan Tower Crane maka akan didapatkan alternative-alternatif yang memungkinkan untuk di jadikan tempat fasilitas yang optimum. Kemudian dari alternative yang ada tersebut mulai kita hitung jarak tempuh masing- masing antar fasilitas, sehingga dari jarak tempuh tersebut kita akan mengetahui jarak tempuh yang paling dekat diposisi koordinat yang mana. Setelah kita mengetahui jarak terdekat maka kita tidak bisa langsung menetapkan letak fasilitas tersebut, terlebih dahulu kita lihat berdasarkan frekuensi terjadinya perpindahan antar fasilitas. Dari frekuensi perpindahan kita akan tahu fasilitas mana yang harus diprioritaskan dalam optimasi site. Berikut pada tabel 4.12 akan ditampilkan urutan prioritas penempatan fasilitas yang diijinkan. Sedangkan pada tabel 4.13 dan 4.14 ditampilkan frekuensi pergerakan TC1 dan TC2

Tabel 4.12 Frekuensi Pergerakan Pekerja Berdasarkan Urutan.

No	Frekuensi Pergerakan	Fasilitas		
1	456	Gedung Utama	→	Passanger Hoist
2	168	Gedung Utama	→	Gudang Material
3	128	Gedung Utama	→	Gudang Peralatan
4	90	Gudang Material	→	Unloading Area 1
5	80	Gudang Material	→	Pasanger Hoist
6	32	Kantor Mekanik	→	Gedung Utama
		Gudang Material	→	Direksi Keet
		Passanger Hoist	→	Direksi Keet
		Passanger Hoist	→	Gudang Peralatan
7	27	Concrete Stasioner	→	Gedung Utama
8	26	Fabrikasi Besi	→	Unloading Area2
9	24	Direkis Keet	→	Gedung Utama
		Fabrikasi Besi	→	Gedung Utama
		Unloading Area 1	→	Gedung Utama
		Gudang Peralatan	→	Gudang Material
10	16	Gedung Utama	→	Unloading Area
		Direkis Keet	→	Concrete Stasioner
		Gudang Material	→	Concrete Stasioner
11	12	Gudang Peralatan	→	Direksi Keet
		Unloading Area 2	→	Concrete Stasioner
12	8	Fabrikasi Besi	→	Gudang Material
13	7	Musholla & WC	→	Gedung Utama
		Fabrikasi Besi	→	Direksi Keet
		Kantor Mekanik	→	Fabrikasi besi
14	6	Genset	→	Kantor Mekanik
		Passanger Hoist	→	Fabrikasi besi
		Kantor mekanik	→	Passanger hoist

Tabel 4.13 Frekuensi Pergerakan TC1 Berdasarkan Urutan

No	Frekuensi Pergerakan	Fasilitas		
1	14	Unloading Area 1	→	Zone 1
2	12	Fabrikasi Besi	→	Zone 1
3	8	Unloading Area 1	→	Zone 2
	8	Unloading Area 1	→	Fabrikasi Besi
4	7	Fabrikasi Besi	→	Zone 2
5	3	Gudang Peralatan	→	Zone 1
6	2	Gudang Peralatan	→	Zone 2

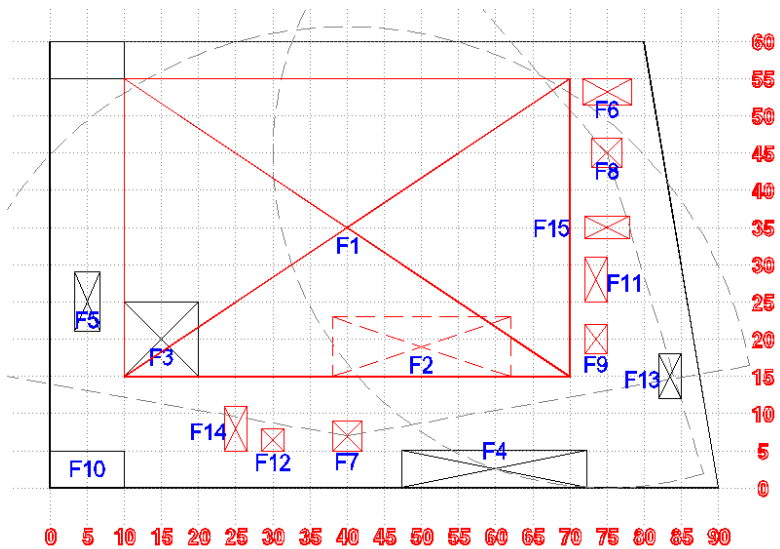
Tabel 4.14 Frekuensi Pergerakan TC2 Berdasarkan Urutan

No	Frekuensi Pergerakan	Fasilitas		
1	10	Unloading Area 2	→	Zone 3
2	7	Unloading Area 2	→	Fabrikasi Besi
	7	Unloading Area 2	→	Zone 2
	7	Fabrikasi Besi	→	Zone3
3	3	Fabrikasi Besi	→	Zone 2

4.7.1 Perhitungan Travel Distance Site Layout Eksisting

Untuk mengetahui bahwa layout yang kita optimasi sudah benar maka harus dibandingkan dengan site layout eksisting sebagai pembanding. Jika nilai Travel distance site layout yang kita lakukan lebih kecil dari site layout eksisting maka optimasi yang kita lakukan sudah benar.

Untuk mengetahui berapa nilai travel distance dari site layout eksisting maka kita harus mengitung jarak rute pekerja menggunakan Manhattan Distance dan mengkalikan dengan frekuesnsi pergerakan pekerja.



Gambar 4.17 Site Layout Eksisting.

Perhitungan Travel Distance Pekerja ditampilkan dalam Tabel 4.15 s/d 4.17.

$$\text{Min } Z = (P1.X1 + P2.X2 + \dots PnXn)$$

Tabel 4.15 Jarak Rute Pekerja Layout Eksisting

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	36.00	40.00	52.50	45.00	53.25	28.00	45.00	48.50	67.50	40.50	38.50	63.50	42.00	35.00
F2	-	0.00	66.00	88.50	71.00	89.25	64.00	81.00	84.50	93.50	76.50	64.50	99.50	68.00	71.00
F3	-	-	0.00	62.50	15.00	93.25	38.00	85.00	58.50	27.50	66.50	28.50	73.50	22.00	75.00
F4	-	-	-	0.00	77.50	65.75	24.50	57.50	31.00	55.00	39.00	34.00	36.00	40.50	47.50
F5	-	-	-	-	0.00	98.25	53.00	90.00	73.50	22.50	71.50	43.50	88.50	37.00	80.00
F6	-	-	-	-	-	0.00	81.25	8.25	34.75	120.75	26.75	91.75	46.75	95.25	18.25
F7	-	-	-	-	-	-	0.00	73.00	46.50	39.50	54.50	10.50	51.50	16.00	63.00
F8	-	-	-	-	-	-	-	0.00	26.50	112.50	18.50	83.50	38.50	87.00	10.00
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	86.00	8.00	57.00	15.00	60.50	16.50
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	94.00	29.00	91.00	25.50	102.50
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	65.00	23.00	68.50	8.50
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	62.00	6.50	73.50
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	65.50	28.50
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77.00
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Adapun perhitungan jarak rute pekerja antar fasilitas dihitung dari jarak terdekatnya dengan rumus;

$$d_{(p,q)} = (|y_2 - y_1| + |x_2 - x_1| + |z_2 - z_1|)$$

Tabel 4.16 Frekuensi Pergerakan Pekerja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	24	168	24	128	3	2	1	456	7	27	2	32	24	16
F2	-	0	32	7	12	5	2	1	32	2	16	2	4	4	5
F3	-	-	0	8	24	0	0	0	80	2	16	3	2	90	3
F4	-	-	-	0	3	3	0	0	6	4	5	2	7	3	26
F5	-	-	-	-	0	2	2	0	32	0	4	2	2	3	2
F6	-	-	-	-	-	0	2	1	3	2	2	0	2	2	2
F7	-	-	-	-	-	-	0	2	0	3	0	2	3	1	1
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	0	2	2	1	1
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	5	5	6	3	4
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	5	2	1
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	5	1	12
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	6	1	1
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	2
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Sumber: Wawancara dan pengamatan di lapangan

Tabel 4.17 Perhitungan Travel Distance Site Layout Eksisting.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Σ
F1	0	864	6720	1260	5760	159.75	56	45	22116	472.5	1093.5	77	2032	1008	560	42223.75
F2	-	0	2112	619.5	852	446.25	128	81	2704	187	1224	129	398	272	355	9507.75
F3	-	-	0	500	360	0	0	0	4680	55	1064	85.5	147	1980	225	9096.5
F4	-	-	-	0	232.5	197.25	0	0	186	220	195	68	252	121.5	1235	2707.25
F5	-	-	-	-	0	196.5	106	0	2352	0	286	87	177	111	160	3475.5
F6	-	-	-	-	-	0	162.5	8.25	104.25	241.5	53.5	0	93.5	190.5	36.5	890.5
F7	-	-	-	-	-	-	0	146	0	118.5	0	21	154.5	16	63	519
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	225	0	167	77	87	10	566
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	258	40	285	90	181.5	66	920.5
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	29	455	51	102.5	637.5
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	260	115	68.5	102	545.5
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	372	6.5	73.5	452
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	196.5	57	253.5
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77	77
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
														Total TD		71872.25

Dari perhitungan di atas didapatkan total Travel distance adalah 71872,25m

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai Travel Distance Tower Crane adalah 9617 m.

1.7.1 Optimasi Site layout Berdasarkan Pergerakan Pekerja.

Setelah kita mendapatkan jarak rute pergerakan pekerja dan total frekuensi pergerakan pekerja maka langkah selanjutnya adalah memasukan pada rumusan untuk mendapat travel distance terkecil.

$$\text{Min } Z = (P1.X1 + P2.X2 + \dots PnXn)$$

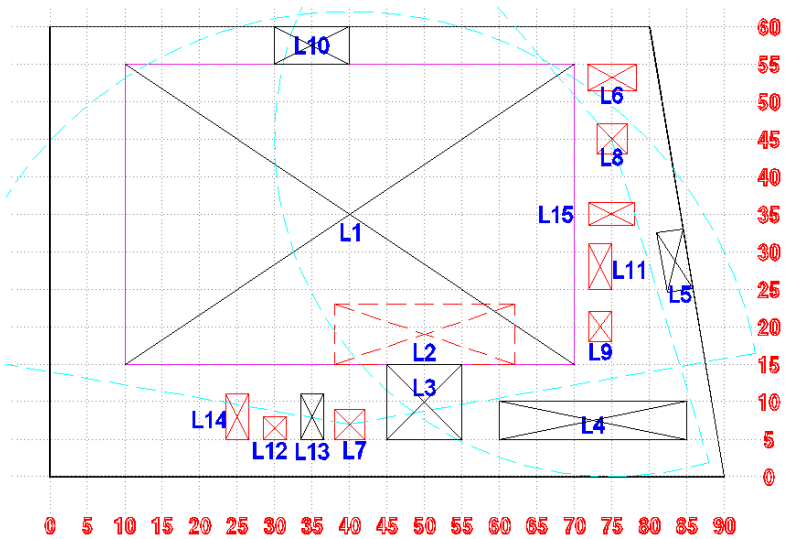
Dari perhitungan jarak tempuh menggunakan Manhattan Distance dan dikalikan dengan frekuensi pekerja maka masing-masing fasilitas akan dapat ditetapkan koordinat paling optimalnya.

Seperti dalam menetapkan koordinat fasilitas Gudang Material berikut ini:

Dari hasil Tabel 4.20 didapatkan posisi koordinat F3 yang paling optimal berdasarkan data jarak tempuh dan frekuensi dari fasilitas F3, sehingga fasilitas F3 ditetapkan pada koordinat (45;5). Dengan cara yang sama fasilitas yang lain juga bisa ditetapkan sehingga hasil akhir dari optimasi berdasarkan Pergerakan Pekerja dapat dilihat pada gambar 4.15.

Tabel 4.20 Penentuan Koordinat paling Optimum untuk F3

No	Fasilitas Bergerak (F3)						Manhattan Distance										Frekuensi				TD
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		F3-F1	F3-F6	F3-F7	F3-F8	F3-F9	F3-F11	F3-F12	F3-F14	F3-F15	F1	F14	F9	F11		
	L (m)	W (m)	X	Y	X	Y	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)	D(m)						
1	10	10	0	0	5	5	65	118.25	37	110	83.5	91.5	26.5	23	100	168	90	80	16	21134	
2	10	10	0	5	5	10	60	113.25	38	105	78.5	86.5	28.5	22	95	168	90	80	16	19724	
3	10	10	0	10	5	15	55	108.25	43	100	73.5	81.5	33.5	27	90	168	90	80	16	18854	
4	10	10	0	15	5	20	50	103.25	48	95	68.5	76.5	38.5	32	85	168	90	80	16	17984	
5	10	10	0	20	5	25	45	98.25	53	90	73.5	71.5	43.5	37	80	168	90	80	16	17914	
6	10	10	0	25	5	30	40	93.25	58	85	78.5	70.5	48.5	42	75	168	90	80	16	17908	
7	10	10	0	30	5	35	35	88.25	63	80	83.5	75.5	53.5	47	70	168	90	80	16	17998	
8	10	10	0	35	5	40	40	83.25	68	75	88.5	80.5	58.5	52	75	168	90	80	16	19768	
9	10	10	0	40	5	45	45	78.25	73	70	93.5	85.5	63.5	57	80	168	90	80	16	21538	
10	10	10	0	45	5	50	50	73.25	78	75	98.5	90.5	68.5	62	85	168	90	80	16	23308	
11	10	10	0	50	5	55	55	71.75	83	80	103.5	95.5	73.5	67	90	168	90	80	16	25078	
12	10	10	5	0	10	5	60	113.25	32	105	78.5	86.5	21.5	18	95	168	90	80	16	19364	
13	10	10	5	5	10	10	55	108.25	33	100	73.5	81.5	23.5	17	90	168	90	80	16	17954	
23	10	10	10	0	15	5	55	108.25	27	100	73.5	81.5	16.5	13	90	168	90	80	16	17594	
24	10	10	10	5	15	10	50	103.25	28	95	68.5	76.5	18.5	12	85	168	90	80	16	16184	
100	10	10	45	0	50	5	40	73.25	13	65	28.5	46.5	21.5	28	55	168	90	80	16	12064	
101	10	10	45	5	50	10	35	68.25	13	60	33.5	41.5	23.5	27	50	168	90	80	16	11654	
111	10	10	50	0	55	5	45	68.25	17	60	33.5	41.5	26.5	33	50	168	90	80	16	13874	
112	10	10	50	5	55	10	40	63.25	18	55	28.5	36.5	28.5	32	45	168	90	80	16	12464	
122	10	10	55	0	60	5	50	63.25	22	55	28.5	36.5	31.5	38	45	168	90	80	16	14684	
123	10	10	55	5	60	10	45	58.25	23	50	23.5	31.5	33.5	37	40	168	90	80	16	13274	
133	10	10	60	0	65	5	55	58.25	27	50	23.5	31.5	36.5	43	40	168	90	80	16	15494	
134	10	10	60	5	65	10	50	53.25	28	45	18.5	26.5	38.5	42	35	168	90	80	16	14084	
144	10	10	65	0	70	5	60	53.25	32	45	18.5	26.5	41.5	48	35	168	90	80	16	16304	
145	10	10	65	5	70	10	55	48.25	33	40	13.5	21.5	43.5	47	30	168	90	80	16	14894	
155	10	10	70	0	75	5	65	48.25	37	40	16.5	24.5	46.5	53	30	168	90	80	16	17402	
156	10	10	70	5	75	10	60	43.25	38	35	11.5	19.5	48.5	52	25	168	90	80	16	15992	
166	10	10	75	0	80	5	70	53.25	42	45	21.5	29.5	51.5	58	35	168	90	80	16	19172	
167	10	10	75	5	80	10	65	48.25	43	40	16.5	24.5	53.5	57	30	168	90	80	16	17762	
168	10	10	75	10	80	15	60	43.25	48	35	11.5	19.5	58.5	62	25	168	90	80	16	16892	
169	10	10	75	15	80	20	55	38.25	53	30	6.5	14.5	63.5	67	20	168	90	80	16	16022	
170	10	10	75	20	80	25	50	33.25	58	25	11.5	9.5	68.5	72	15	168	90	80	16	15952	
177	10	10	80	0	85	5	75	58.25	47	50	26.5	34.5	56.5	63	40	168	90	80	16	20942	
178	10	10	80	5	85	10	70	53.25	48	45	21.5	29.5	58.5	62	35	168	90	80	16	19532	
179	10	10	80	10	85	15	65	48.25	53	40	16.5	24.5	63.5	67	30	168	90	80	16	18662	
180	10	10	80	15	85	20	60	43.25	58	35	11.5	19.5	68.5	72	25	168	90	80	16	17792	
181	10	10	80	20	85	25	55	38.25	63	30	16.5	14.5	73.5	77	20	168	90	80	16	17722	
182	10	10	80	25	85	30	50	33.25	68	25	21.5	13.5	78.5	82	15	168	90	80	16	17716	



Gambar 4.18 Optimasi Site Layout Berdasarkan Pergerakan Pekerja.

Sehingga didapatkan perhitungan Travel Distance keseluruhan adalah:

α Perhitungan *Travel Distance* Pekerja

Setelah mendapatkan koordinat paling optimal dari masing-masing fasilitas langkah selanjutnya adalah menghitung jarak tempuh total dari keseluruhan fasilitas dengan rumus:

$$\text{Min } Z = (P1.X1 + P2.X2 + \dots PnXn)$$

Untuk kemudian dibandingkan dengan site layout sebelum dilakukan optimasi

Tabel 4.21 Jarak Tempuh Pekerja Alternatif 1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	36.00	35.00	60.00	49.70	53.25	28.00	45.00	48.50	27.50	40.50	38.50	32.00	42.00	35.00
F2	-	0.00	71.00	96.00	85.70	89.25	64.00	81.00	84.50	53.50	76.50	64.50	58.00	68.00	71.00
F3	-	-	0.00	25.00	52.30	68.25	13.00	60.00	33.50	62.50	41.50	23.50	17.00	27.00	50.00
F4	-	-	-	0.00	32.30	48.25	33.00	40.00	13.50	87.50	21.50	43.50	38.00	48.00	30.00
F5	-	-	-	-	0.00	32.95	65.30	24.70	18.80	77.20	10.80	75.80	69.30	79.30	14.70
F6	-	-	-	-	-	0.00	81.25	8.25	34.75	44.25	26.75	91.75	85.25	95.25	18.25
F7	-	-	-	-	-	-	0.00	73.00	46.50	55.50	54.50	10.50	6.00	16.00	63.00
F8	-	-	-	-	-	-	-	0.00	26.50	52.50	18.50	83.50	77.00	87.00	10.00
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	76.00	8.00	57.00	50.50	60.50	16.50
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	68.00	56.00	49.50	59.50	62.50
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	65.00	58.50	68.50	8.50
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	6.50	6.50	73.50
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	10.00	67.00
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77.00
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Adapun perhitungan jarak rute pekerja antar fasilitas dihitung dari jarak terdekatnya dengan rumus;

$$d_{(p,q)} = (|y_2 - y_1| + |x_2 - x_1| + |z_2 - z_1|)$$

Tabel 4.22 Frekuensi Pergerakan Pekerja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	24	168	24	128	3	2	1	456	7	27	2	32	24	16
F2	-	0	32	7	12	5	2	1	32	2	16	2	4	4	5
F3	-	-	0	8	24	0	0	0	80	2	16	3	2	90	3
F4	-	-	-	0	3	3	0	0	6	4	5	2	7	3	26
F5	-	-	-	-	0	2	2	0	32	0	4	2	2	3	2
F6	-	-	-	-	-	0	2	1	3	2	2	0	2	2	2
F7	-	-	-	-	-	-	0	2	0	3	0	2	3	1	1
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	0	2	2	1	1
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	5	5	6	3	4
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	5	2	1
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	5	1	12
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	6	1	1
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	2
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Sumber: Wawancara dan pengamatan di lapangan

Tabel 4.23 Travel Distance Pekerja Alternatif 1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Σ
F1	0	864	5880	1440	6361.6	159.75	56	45	22116	192.5	1093.5	77	1024	1008	560	40877.35
F2	-	0	2272	672	1028.4	446.25	128	81	2704	107	1224	129	232	272	355	9650.65
F3	-	-	0	200	1255.2	0	0	0	2680	125	664	70.5	34	2430	150	7608.7
F4	-	-	-	0	96.9	144.75	0	0	81	350	107.5	87	266	144	780	2057.15
F5	-	-	-	-	0	65.9	130.6	0	601.6	0	43.2	151.6	138.6	237.9	29.4	1398.8
F6	-	-	-	-	-	0	162.5	8.25	104.25	88.5	53.5	0	170.5	190.5	36.5	814.5
F7	-	-	-	-	-	-	0	146	0	166.5	0	21	18	16	63	430.5
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	105	0	167	154	87	10	523
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	228	40	285	303	181.5	66	1103.5
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	56	247.5	119	62.5	485
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	260	292.5	68.5	102	723
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	39	6.5	73.5	119
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	30	134	164
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77	77
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
															Total TD	66032.15

Dari perhitungan di atas didapatkan total Travel distance adalah 66032,15m

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai Travel Distance untuk TC adalah $6231,6 + 3904 = 10135,6$ m.

1.7.2 Optimasi Site layout Berdasarkan Pergerakan Tower Crane.

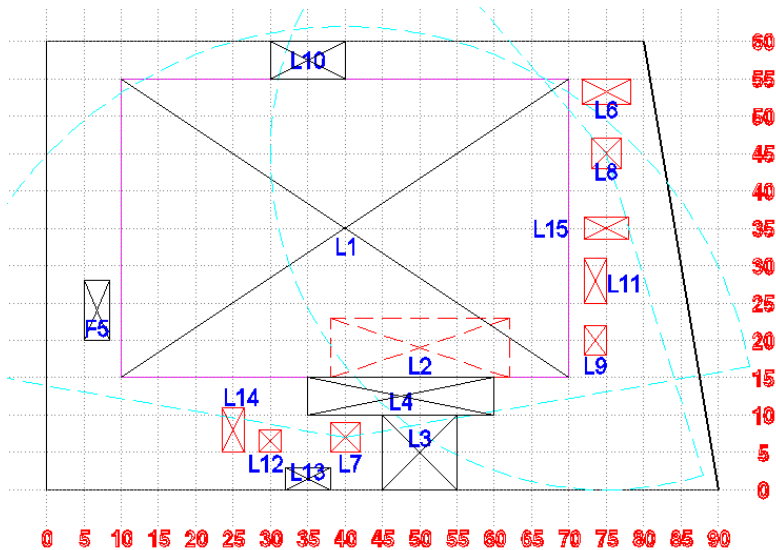
Jika pada sub bab sebelumnya site layout di optimumkan untuk pergerakan pekerja maka pada sub bab ini site layout akan di optimumkan pada pergerakan TC yang paling pendek. Oleh karena itu, dalam menetapkan site layout fasilitas sementara akan mempertimbangkan seberapa besar pergerakan TC. Dalam penetapan site layout cara yang digunakan sama seperti sebelumnya yaitu nilai dari pergerakan TC dikalikan dengan frekuensi sehingga menghasilkan nilai *Travel distance*, dari nilai tersebut diambil nilai koordinat minimum dalam menetapkan posisi fasilitas.

Berikut adalah Tabel perhitungan untuk menetapkan posisi fasilitas F4 dengan asumsi pergerakan TC paling minimum.

Tabel 4.26 Penentuan Koordinat paling Optimum untuk F3

No	Fasilitas Bergerak (F4)						Frekuensi TC1				Frekuensi TC2				TD Total
	Dimensi		Koor.		Titik Berat		F4-Z1	F4-F14	F4-Z2	TD	F4-F15	F4-Z3	F4-Z2	TD	
	L (m)	W (m)	X	Y	X	Y									
60	25	5	20	55	32.5	57.5	12	8	7	2939.407	7	7	3	1839.903	4779.31
72	25	5	25	55	37.5	57.5	12	8	7	2987.701	7	7	3	1740.676	4728.376
84	25	5	30	55	42.5	57.5	12	8	7	3094.638	7	7	3	1667.647	4762.285
87	25	5	35	10	47.5	12.5	12	8	7	2830.551	7	7	3	1589.156	4419.707
96	25	5	35	55	47.5	57.5	12	8	7	3219.173	7	7	3	1601.711	4820.884
99	25	5	40	10	52.5	12.5	12	8	7	2908.587	7	7	3	1555.85	4464.437
108	25	5	40	55	52.5	57.5	12	8	7	3361.472	7	7	3	1540.106	4901.578
110	25	5	45	5	57.5	7.5	12	8	7	3134.653	7	7	3	1655.152	4789.805
111	25	5	45	10	57.5	12.5	12	8	7	3027.354	7	7	3	1542.442	4569.797
120	25	5	45	55	57.5	57.5	12	8	7	3521.181	7	7	3	1485.635	5006.816
121	25	5	50	0	62.5	2.5	12	8	7	3372.276	7	7	3	1781.126	5153.402
122	25	5	50	5	62.5	7.5	12	8	7	3269.932	7	7	3	1648.163	4918.095
123	25	5	50	10	62.5	12.5	12	8	7	3165.442	7	7	3	1541.424	4706.866
133	25	5	55	0	67.5	2.5	12	8	7	3508.736	7	7	3	1792.318	5301.054
134	25	5	55	5	67.5	7.5	12	8	7	3404.948	7	7	3	1658.18	5063.128
135	25	5	55	10	67.5	12.5	12	8	7	3302.247	7	7	3	1551.106	4853.353
145	25	5	60	0	72.5	2.5	12	8	7	3710.43	7	7	3	1818.072	5528.502
146	25	5	60	5	72.5	7.5	12	8	7	3601.317	7	7	3	1684.794	5286.111
147	25	5	60	10	72.5	12.5	12	8	7	3506.263	7	7	3	1574.326	5080.589
157	25	5	65	0	77.5	2.5	12	8	7	3996.06	7	7	3	1868.101	5864.161
158	25	5	65	5	77.5	7.5	12	8	7	3880.357	7	7	3	1734.831	5615.188

Dari hasil diatas didapatkan posisi koordinat F3 yang paling optimal ditetapkan pada koordinat (35;10). Dengan cara yang sama fasilitas yang lain juga bisa ditetapkan sehingga hasil akhir dari optimasi berdasarkan Pergerakan TC dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Optimasi Site Layout Berdasarkan Pergerakan Tower Crane.

Sehingga didapatkan perhitungan Travel Distance keseluruhan adalah:

α Perhitungan *Travel Distance* Pekerja

Setelah mendapatkan koordinat paling optimal dari masing-masing fasilitas langkah selanjutnya adalah menghitung jarak tempuh total dari keseluruhan fasilitas dengan rumus:

$$\text{Min } Z = (P1.X1 + P2.X2 + \dots Pn.Xn)$$

Untuk kemudian dibandingkan dengan site layout sebelum dilakukan optimasi.

Tabel 4.27 Jarak Tempuh Pekerja Alternatif 2

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	36.00	40.00	30.00	49.70	53.25	28.00	45.00	48.50	27.50	40.50	38.50	38.50	42.00	35.00
F2	-	0.00	76.00	66.00	85.70	89.25	64.00	81.00	84.50	53.50	76.50	64.50	64.50	68.00	71.00
F3	-	-	0.00	10.00	57.30	73.25	12.00	65.00	38.50	67.50	46.50	21.50	18.50	28.00	55.00
F4	-	-	-	0.00	52.30	68.25	13.00	60.00	33.50	57.50	41.50	23.50	23.50	27.00	50.00
F5	-	-	-	-	0.00	32.95	65.30	24.70	18.80	77.20	10.80	75.80	75.80	79.30	14.70
F6	-	-	-	-	-	0.00	81.25	8.25	34.75	44.25	26.75	91.75	91.75	95.25	18.25
F7	-	-	-	-	-	-	0.00	73.00	46.50	55.50	54.50	10.50	10.50	16.00	63.00
F8	-	-	-	-	-	-	-	0.00	26.50	52.50	18.50	83.50	83.50	87.00	10.00
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	76.00	8.00	57.00	57.00	60.50	16.50
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	68.00	56.00	56.00	59.50	62.50
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	65.00	65.00	68.50	8.50
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	10.00	6.50	73.50
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	16.50	73.50
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77.00
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Adapun perhitungan jarak rute pekerja antar fasilitas dihitung dari jarak terdekatnya dengan rumus;

$$d_{(p,q)} = (|y_2 - y_1| + |x_2 - x_1| + |z_2 - z_1|)$$

Tabel 4.28 Frekuensi Pegerakan Pekerja Alternatif 2

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1	0	24	168	24	128	3	2	1	456	7	27	2	32	24	16
F2	-	0	32	7	12	5	2	1	32	2	16	2	4	4	5
F3	-	-	0	8	24	0	0	0	80	2	16	3	2	90	3
F4	-	-	-	0	3	3	0	0	6	4	5	2	7	3	26
F5	-	-	-	-	0	2	2	0	32	0	4	2	2	3	2
F6	-	-	-	-	-	0	2	1	3	2	2	0	2	2	2
F7	-	-	-	-	-	-	0	2	0	3	0	2	3	1	1
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	0	2	2	1	1
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	5	5	6	3	4
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	5	2	1
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	5	1	12
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	6	1	1
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	2
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Sumber: Wawancara dan pengamatan di lapangan

Tabel 4.29 Travel Distance Pekerja Alternatif 2

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Σ
F1	0	864	6720	720	6361.6	159.75	56	45	22116	192.5	1093.5	77	1232	1008	560	41205.35
F2	-	0	2432	462	1028.4	446.25	128	81	2704	107	1224	129	258	272	355	9626.65
F3	-	-	0	80	1375.2	0	0	0	3080	135	744	64.5	37	2520	165	8200.7
F4	-	-	-	0	156.9	204.75	0	0	201	230	207.5	47	164.5	81	1300	2592.65
F5	-	-	-	-	0	65.9	130.6	0	601.6	0	43.2	151.6	151.6	237.9	29.4	1411.8
F6	-	-	-	-	-	0	162.5	8.25	104.25	88.5	53.5	0	183.5	190.5	36.5	827.5
F7	-	-	-	-	-	-	0	146	0	166.5	0	21	31.5	16	63	444
F8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	105	0	167	167	87	10	536
F9	-	-	-	-	-	-	-	-	0	228	40	285	342	181.5	66	1142.5
F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	56	280	119	62.5	517.5
F11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	260	325	68.5	102	755.5
F12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	60	6.5	73.5	140
F13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	49.5	147	196.5
F14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	77	77
F15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
														Total TD		67673.65

Dari perhitungan di atas didapatkan total Travel distance adalah 67673,65 m.

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai Travel Distance untuk TC adalah $5369,1 + 3786 = 9155,1$ m.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah kami lakukan didapatkan 2 alternatif pilihan site layout paling optimum. Alternatif pertama adalah site layout berdasarkan *travel distance* pekerja paling minimum dan alternatif kedua adalah *site layout* berdasarkan *travel distance Tower Crane* paling minimum.

Site layout alternative pertama memberikan nilai *travel distance* pekerja sebesar 66032,15m dan *travel distance Tower Crane* sebesar 10135,6m. Alternative kedua memberikan nilai *Travel Distance* pekerja sebesar 67673,65m dan *travel distance Tower Crane* sebesar 9155,1 m. Kedua alternative tersebut memiliki nilai Travel Distance lebih kecil dari site Layout Eksisting dimana *travel distance* pekerja 71872,25m dan *travel distance Tower Crane* 9617m.

5.2. Saran

Dalam perencanaan site layout pembangunan gedung One East, Surabaya juga harus mempertimbangkan masalah keselamatan pekerja karena melihat kondisi lahan yang sempit dan terdapat terdapat 2 alat *Tower Crane* yang semakin meningkatkan resiko kecelakaan kerja. Oleh karena fasilitas yang digunakan untuk koordinasi pekerja lebih baik di letakan pada level yang berbeda.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, J. P., & Kumar, S. S. (2014). A BIM Based Construction Site Layout Planning FrameWork Considering Actual Travel Paths. *International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining*, 4-5.
- Hartono , P. E., Noviyanti, & Alifen, R. S. (2010). Program Perhitungan Efektivitas Waktu dan Biaya Pemakaian Tower Crane. *Universitas Kristen Petra*, 5-7.
- Hegazy, T., & Elbeltagi, E. (1999). Evolution-Based Model for Site Layout Planning. *Journal of Computing Civil Engineering*, 189-202.
- Taha, H. A. (1997). *Operatons Research an Introduction Eight Edition*. New Jersey: Upper Saddle River.
- Zouein, P. P., & Tommelein, I. D. (1999). Dynamic Layout Planning Using a Hybrid Incremental Solution Method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 400-408.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 31 Juli 1992, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Tandes Kidul II Surabaya, SMP N 26 Surabaya, dan SMKN 5 Surabaya. Diploma III Teknik Sipil Sipil FTSP-ITS. Setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS tahun 2014, Penulis mengikuti Ujian Masuk Lintas Jalur S1 dan diterima di Program Studi Lintas Jalur S1 Teknik Sipil FTSP ITS pada tahun yang sama dan terdaftar dengan NRP. 3114 105

013. Di Program Studi Lintas Jalur S1 Teknik Sipil FSP ITS ini, Penulis mengambil Bidang Manajemen Kontruksi untuk Tugas Akhir.